

Polish Academy of Sciences
University of Engineering and Economics in Rzeszów
University of Life Sciences in Lublin
Faculty of Production Engineering

MOTROL

**COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS
IN AGRICULTURE**

**AN INTERNATIONAL JOURNAL
ON OPERATION OF FARM
AND AGRI-FOOD INDUSTRY MACHINERY**

Vol. 16, No 1

LUBLIN – RZESZÓW 2014

Editor-in-Chief: *Eugeniusz Krasowski*

Assistant Editor: *Jerzy Grudziński*

Associate Editors

1. Agricultural machinery: *Valeriy Dubrovin*, Kiev, *Mariusz Szymanek*, Lublin
2. Machinery of agri-food industry: *Leszek Mościcki*, Lublin
3. Energetics: *Iliya Nikolenko*, Simferopol, *Janusz Wojdalski*, Warszawa
4. Land management, urban planning, architecture and geodesy: *Karol Noga*, Kraków, *Roman Kadaj*, Rzeszów, *Michał Proksa*, Rzeszów, *Lech Lichotaj*, Rzeszów
5. Mathematical, statistics: *Andrzej Kornacki*, Lublin, *Rostislav Bun*, Lviv

Editorial Board

Dariusz Andrejko, Lublin, Poland
Andrzej Baliński, Kraków, Poland
Volodymyr Bulgakow, Kiev, Ukraine
Zbigniew Burski, Lublin, Poland
Karol Cupiał, Częstochowa, Poland
Aleksandr Dashchenko, Odessa, Ukraine
Kazimierz Dreszer, Lublin, Poland
Valeriy Dyadychev, Lugansk, Ukraine
Konstantin Dumenko, Mykolayiv, Ukraine
Dariusz Dziki, Lublin, Poland
Stepan Epoyan, Kharkiv, Ukraine
Sergiy Fedorkin, Simferopol, Ukraine
Jan Gliński, Lublin, Poland
Dimitriy Goncharenko, Kharkiv, Ukraine
Aleksandr Hotubenko, Lugansk, Ukraine
L.P.B.M. Jonssen, Groningen, Holland
Stepan Kovalyshyn, Lviv, Ukraine
Józef Kowalczyk, Lublin, Poland
Volodymyr Krauchuk, Kiev, Ukraine
Petro Kulikov, Kiev, Ukraine
Elżbieta Kusińska, Lublin, Poland
Andrzej Kusz, Lublin, Poland
Janusz Laskowski, Lublin, Poland
Nikołaj Lubomirski, Simferopol, Ukraine
Kazimierz Lejda, Rzeszów, Poland
Jerzy Merkisz, Poznań, Poland
Ryszard Michalski, Olsztyn, Poland
Aleksandr Morozov, Simferopol, Ukraine

Janusz Mystowski, Szczecin, Poland
Ignacy Niedziółka, Lublin, Poland
Paweł Nosko, Lugansk, Ukraine
Gennadij Oborski, Odessa, Ukraine
Yurij Osenin, Lugansk, Ukraine
Marian Panasiewicz, Lublin, Poland
Sergiy Pastushenko, Mykolayiv, Ukraine
Iwan Rohowski, Kiev, Ukraine
Józef Sawa, Lublin, Poland
Vjacheslav Shebanin, Mykolayiv, Ukraine
Povilas A. Sirvydas, Kaunas, Lithuania
Volodymyr Snitynskiy, Lviv, Ukraine
Stanisław Sosnowski, Rzeszów, Poland
Ludvikas Spokas, Kaunas, Lithuania
Jarostaw Stryczek, Wrocław, Poland
Michał Sukach, Kiev, Ukraine
Aleksandr Sydoruchuk, Kiev, Ukraine
Beata Ślaska-Grzywna, Lublin, Poland
Wojeiech Tanaś, Lublin, Poland
Viktor Tarasenko, Simferopol, Ukraine
Giorgiy F. Tayanowski, Minsk, Bielarus
Leonid Tishchenko, Kharkiv, Ukraine
Henryk Tylicki, Bydgoszcz, Poland
Denis Viesturs, Ulbrok, Latvia
Dmytro Voytiuk, Kiev, Ukraine
Anatolij Yakovenko, Odessa, Ukraine
Oleg Zaitsev, Symferopol, Ukraine
Tadeusz Złoto, Częstochowa, Poland

All the articles are available on the webpage: <http://www.pan-ol.lublin.pl/wydawnictwa/Teka-Motrol.html>

All the scientific articles received positive evaluations by independent reviewers

Linguistic consultant: *Iliya Nikolenko*

Typeset: *Adam Niezbecki*

Cover design: *Hanna Krasowska-Kołodziej*

Photo on the cover: *Konstantin Dumenko*

© Copyright by Polish Academy of Sciences 2014

© Copyright by University of Engineering and Economics in Rzeszów 2014

© Copyright by University of Life Sciences in Lublin 2014

Editorial Office address

Polish Academy of Sciences Branch in Lublin
Pałac Czartoryskich, Plac Litewski 2, 20-080 Lublin, Poland
e-mail: eugeniusz.krasowski@up.lublin.pl

Printing

elpil

Artyleryjska Str. 11, 08-110 Siedlce, Poland

e-mail: info@elpil.com.pl

ISSN 1730-8658

Edition 60+16 vol.

Zmiany jakościowe nasion bobiku suszonych i przechowywanych w silosie z pionowym układem wietrzenia (Cz. II)

Janusz Bowszys*, Teresa Bowszys**

Janusz Bowszys*

Katedra Inżynierii Systemów, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,
ul. Heweliusza 14, 10-718 Olsztyn, e-mail: j.bowszys@uwm.edu.pl

Teresa Bowszys **

Katedra Chemii Rolnej i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,
e-mail: bowter@uwm.edu.pl

Streszczenie. celem badań było określenie zmian jakościowych nasion bobiku suszonych i przechowywanych w silosie wolnostojącym z pionowym układem wietrzenia. Do suszenia nasion bobiku w okresie jesiennym stosowano nagrzewnicę elektryczną co pozwoliło na obniżenie wilgotności powietrza suszącego do 46 – 57%. Nasiona bobiku suszone w silosie z pionowym układem wietrzenia zachowały wysoką zdolność kiełkowania, przetestowane metodą Hiltnera i w próbach polowych dały pozytywny wynik. Silosy suszące z promieniowym (cz I) i pionowym układem wietrzenia (cz II) są w pełni przydatne do suszenia i przechowywania nasion bobiku.

Słowa kluczowe: silosy, przechowywanie, bobik, jakość nasion.

siewnego, może spowoduje rozszerzenie uprawy tej rośliny. Suszenie niskotemperaturowe w porównaniu z intensywnym suszeniem w suszarniach daszkowych charakteryzuje się minimalnymi naprężeniami cieplnymi powodującymi mikropęknięcia nasion i uszkodzenie zarodka [9, 10].

Celem badań było określenie zmian jakościowych nasion bobiku suszonych i przechowywanych w silosie wolnostojącym z pionowym układem wietrzenia.

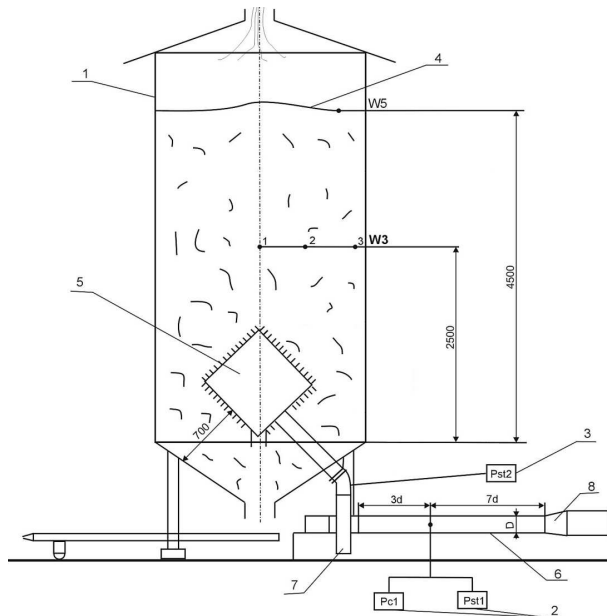
METODYKA BADAŃ

Przedmiotem badań był silos z pionowym układem wietrzenia, jest to silos wolnostojący ustawiony na zewnątrz magazynu. Płaszcz silosu wykonany jest z blachy stalowej ocynkowanej obustronnie powlekaną tworzywem sztucznym odpornym na utlenianie. Średnica silosu wynosi 3 m. Schemat stanowiska badawczego przedstawiono na rysunku 1.

Silos ten posiada układ suszący składający się z nagrzewnicy powietrza (8), rurociągu ssącego (6) oraz stożka wietrzącego (5) równomiernie rozprowadzającego powietrze w masie nasion [2, 5]. Materiałem użytym do badań był bobik zebrany w pięciu partiach. Czystość nasion wynosiła od 87,52 do 92,12 %, zanieczyszczenia użyteczne od 7,08 do 11,12 %, nieużyteczne od 0,52 do 1,36 %. Parametry te określono według metody [7]. Całkowita masa nasion wynosiła 25,4 Mg. Bobik został wysuszony powietrzem podgrzewanym w nagrzewnicy o mocy 13,5 kW. Analiza procesu suszenia w tym silosie jest przedmiotem oddzielnego opracowania (w druku). Nasiona wysuszone w silosie przechowywano od zbioru do okresu wiosennego siewu kontrolując zdolność kiełkowania. Okres przechowywania trwał 143 dni. Próby pobierano siedmiokrotnie w odstępach czasowych identycznych jak dla silosu z promieniowym układem wietrzenia [4]. Próby pobierano ze środka bryły nasion w wzornika W3 (rys. 1) ze środka silosu W31 oraz w odległości 10 cm od wewnętrznej strony ściany silosu

WSTĘP

Nasiona roślin strączkowych zbierane kombajnami w okresie jesiennym charakteryzują się wysoką wilgotnością. Przygotowanie materiału siewnego do wiosennych siewów wymaga kontrolowanego suszenia niskotemperaturowego [8, 10, 14]. Autorzy proponują suszenie nasion bobiku w silosach suszących z promieniowym układem wietrzenia [3, 4] oraz pionowym układem wietrzenia. Nasiona przechowywane w silosie z pionowym układem wietrzenia wykazały wysoką zdolność kiełkowania w granicach od 89 do 90 % [4] w czasie od zbioru do wiosny roku następnego. Silosy promieniowe ze względu na cechy konstrukcyjne wymagają ustawienia w magazynie pod zadaniem. Równolegle prowadzono badania nad suszeniem niskotemperaturowym oraz zmianą jakości nasion bobiku w silosie wolnostojącym (na zewnątrz magazynu). Wyniki badań jakościowych zmian cech nasion w silosie z promieniowym układem wietrzenia są przedmiotem tego opracowania. Chcąc wyeliminować wpływ samoobciążenia [11, 12, 13] masy nasion na jakość do badań zastosowano silos [5] o wysokości warstwy nasion 4,5 m. Dodatkowe aspekty uprawy bobiku [4], przy odpowiedniej jakości materiału



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego silosu o pionowym układzie wietrzenia ze stożkiem wietrzącym: 1 – silos, 2 – mikromanometry do pomiaru ciśnienia w rurociągu ssącym, 3 – manometr, 4 – warstwa wierzchnia nasion, 5 – stożek wietrzący, 6 – rurociąg ssący, 7 – wentylator, 8 – nagrzewnica elektryczna, W3, W5 – płaszczyzny pobierania próbek ziarna (1 – oś symetrii silosu, 2 – w połowie promienia, 3 – przy ścianie), W₃₁, W₃₂, W₃₃ – punkty pobierania próbek oraz ciągłego pomiaru temperatury przechowywanych nasion

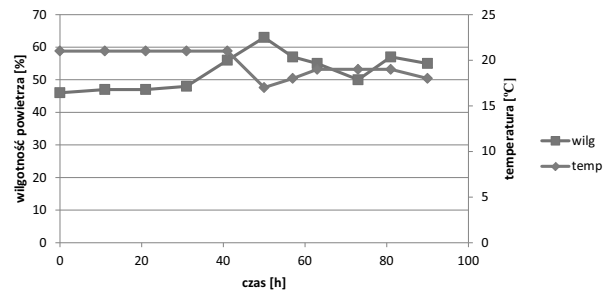
Fig. 1. The diagram of an elevator with a vertical ventilation and a ventilation cone: 1 – elevator, 2 – micromanometers measuring the pressure in a suction pipeline, 3 – manometer, 4 – seeds top layer, 5 – ventilation cone, 6 – suction pipeline, 7 – ventilator, 8 – electric heater, W3, W5 – sampling planes (1 – axis of symmetry of elevator, 2 – in the mid-radius distance, 3 – near a wall), W₃₁, W₃₂, W₃₃ – points of sampling and constant measurement of temperature of stored seeds

punkt W33. Celem określenia wpływu temperatury otoczenia na jakość nasion pobierano też próby z warstwy wierzchniej W5. Wszystkie temperatury mierzono z dokładnością do 1°C [1, 6]. Wilgotność nasion oznaczano metodą suszarkową z dokładności do 0,01 %. Podstawowym miernikiem jakości materiału siewnego jest zdolność kiełkowania, którą kontrolowano w całym okresie przechowywania. Zdolność kiełkowania określono według PN-R-65950. Po zakończeniu przechowywania w okresie wiosennym nasiona poddano testowi Hiltnera. Przeprowadzono też badania w polu celem skontrolowania wschodu roślin.

WYNIKI BADAŃ

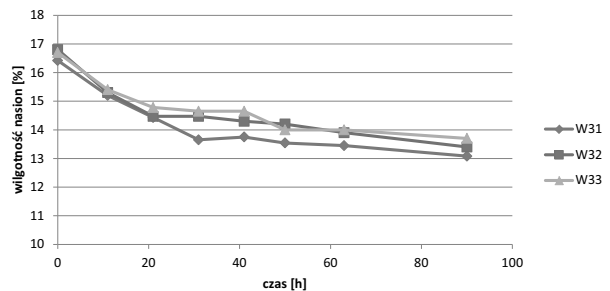
Nasiona bobiku wysuszono w silosie z pionowym układem wietrzenia stosując suszenie niskotemperaturowe. Temperatura i wilgotność powietrza suszącego była stabilna. Parametry te zmieniały się od 18 do 21°C oraz wilgotność 46 do 57 %. Zmianę tych parametrów w funkcji czasu suszenia przedstawiono na rysunku 2. Stosowanie niskich

temperatur powietrza spowodowało, że po zakończeniu suszenia temperatura nasion w poszczególnych punktach wynosiła odpowiednio W31 – 13°C; W33 – 12°C; W5 – 12°C. Przebieg procesu suszenia w płaszczyźnie W3 przedstawiono na rysunku 3. Wilgotność początkowa nasion wynosiła 16,8 %, a po 90 godzinach suszenia wilgotność nasion wynosiła 13,4 %. Proces suszenia był sterowany tak, żeby nie nawilżyć badanego materiału powietrzem w przypadku zmiany wilgotności. Nasiona suszono jednofazowo, jednostkowa dawka powietrza wynosiła 155 m³·Mg⁻¹·h⁻¹. Próbkę do oznaczenia zdolności kiełkowania pobierano ze środkowej części bryły nasion z wziernika W3 oraz z warstwy wierzchniej W5. Próby do określenia zdolności kiełkowania pobierano co 20 dni. Zmianę temperatur i zdolności kiełkowania nasion w osi symetrii silosu przedstawiono na rysunku 4. Temperatura nasion od wielkości początkowej 13°C zmniejszała się w okresie zimowym do -3°C w trakcie całego okresu przechowywania. Zdolność kiełkowania zmieniała się z 93,3 na 98,0 %. Zmiany zdolności kiełkowania i temperatury nasion przy ścianie wewnętrznej silosu przedstawiono na rysunku 5. Temperatura zmieniała się od 12°C do -3°C po zakończeniu badań. Zdolność kiełkowania wahała się od 92,2 do 97,6 %. Nasiona w punkcie W5 były pod działaniem powietrza atmosferycznego, czyli nasiona nie były zabezpieczone osłoną płaszcza silosu. Temperatura w tym punkcie zmieniała się od 12°C do -4°C. Zdolność kiełkowania wahała się w granicach 96,0 do 98,3 %. Po zakończeniu przechowywania nasion bobiku w silosach suszących przeprowadzono test siewny. Test Hiltnera wykazał liczbę nasion wzeszłych od 68,0 do 73,5 %, natomiast badania polowe wykazały, że wschody wynosiły od 68,5 do 76%. Wynik ten jest pozytywny.



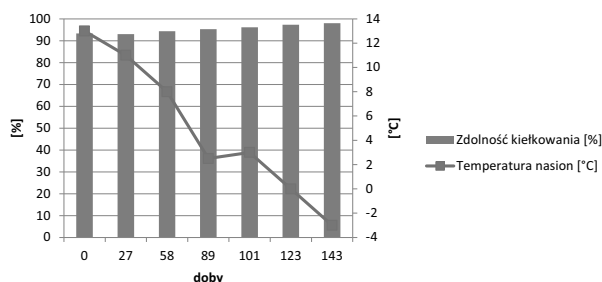
Rys. 2. Temperatura i wilgotność powietrza suszącego w funkcji czasu suszenia

Fig. 2. Temperature and air humidity during drying process



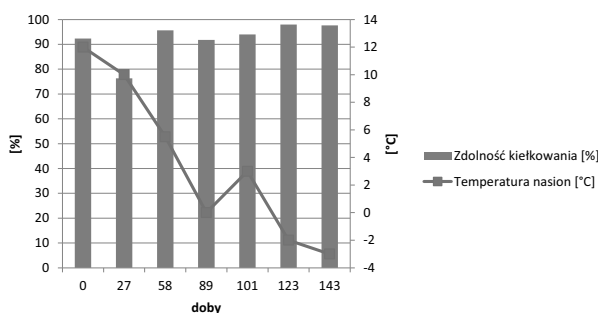
Rys. 3. Rzeczywisty przebieg krzywych suszenia w płaszczyźnie W3 w silosie z pionowym układem wietrzenia

Fig. 3. The real course of drying curves in the W3 plane in the elevator with a vertical ventilation system



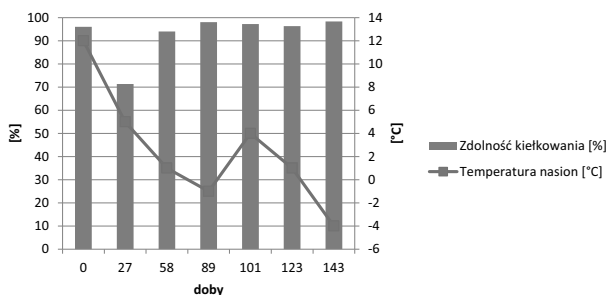
Rys. 4. Zmiana zdolności kiełkowania i temperatury nasion w silosie z pionowym układem wietrzenia w punkcie W31

Fig. 4. Changes in germination ability and temperature of seeds stored in the elevator with a vertical ventilation system (in the W31 point)



Rys. 5. Zmiana zdolności kiełkowania i temperatury nasion w silosie z pionowym układem wietrzenia w punkcie W33

Fig. 5. Changes in germination ability and temperature of seeds stored in the elevator with a vertical ventilation system (in the W33 point)



Rys. 6. Zmiana zdolności kiełkowania i temperatury nasion w silosie z pionowym układem wietrzenia w punkcie W5

Fig. 6. Changes in germination ability and temperature of seeds stored in the elevator with a vertical ventilation system (in the W5 point)

WNIOSKI

1. Do suszenia nasion bobiku w okresie jesiennym zalecane jest stosowanie nagrzewnicy elektrycznej co pozwoli na obniżenie wilgotności powietrza suszącego do 46 – 57%.
2. Nasiona bobiku suszone w silosie z pionowym układem wietrzenia zachowują wysoką zdolność kiełkowania.
3. Nasiona przechowywane w silosach suszących przetestowane metodą Hiltnera oraz w próbach polowych dają pozytywny wynik.

4. Stwierdzono, że silosy suszące z promieniowym (cz. I) i pionowym układem wietrzenia (cz. II) są w pełni przydatne do suszenia i przechowywania nasion bobiku.

LITERATURA

1. **Bowszys J. 2003.** Rozkład temperatur w masie ziarna pszenicy przechowywanej w metalowych silosach zbożowych. Proceedings of National Agricultural University of Ukraine, „Mechanization of Agricultural Production”, Kyiv, 14:173-179
2. **Bowszys J. 2006.** Doskonalenie technologii suszenia i przechowywania w cylindrycznych silosach zbożowych. Zeszyt 302. Wydział Inżynierii Produkcji AR Lublin.
3. **Bowszys J. 2013.** Wpływ grubości warstwy nasion składowanych w silosach z pionowym układem wietrzenia na parametry przepływu powietrza. MOTROL Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa vol. 15, No1. 11-14.
4. **Bowszys J., Bowszys T. 2013.** Przebieg procesu suszenia oraz zmiany jakości nasion bobiku w silosie z promieniowym układem wietrzenia (cz. 1). MOTROL Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa vol. 15, No1. 15-18.
5. **Bowszys J., Cydzik R.** Silos zbożowy do dosuszania ziarna nr patentu 74982.
6. **Bowszys J., Grabowski J., Tomczykowski J. 2004.** Temperatures in seed mass stored in a metallic immediately after harvest. Techn. Sc. 7/2004.
7. **Bowszys J., Tomczykowski J. 2007.** Self-segregation of maize kernels during gravitational discharge from a silo. TEKA Kom. Mot. Power Ind. Agricult. VII. 38-43.
8. **Figiel A., Konieczna M. 2001.** Fizyczne i biologiczne wskaźniki podatności nasion bobiku na uszkodzenia w procesie suszenia i nawilżania. Acta Agrophysica 46: 55-62.
9. **Grzesiuk S., Górecki R. 1994.** Fizjologia plonów. Wprowadzenie do przechowalnictwa. Wyd. ART. Olsztyn.
10. **Górski M. 2004.** Reakcja odmian bobiku na długoterminowe przechowywanie nasion w banku genów. Zeszyty PPNR. Z. 497: 157-161.
11. **Kusińska E. 2006.** An influence of outer energy on moisture content distribution in grains stoned in a model silo. TEKA Kom. Mot. Power Ind. Agricult. VI. 75-84.
12. **Nadulski R., Kusińska E., Guz T., Kobus Z. 2012.** Wpływ wilgotności ziarniaków i nacisku pionowego na ich energię i zdolność kiełkowania. Inżynieria Rolnicza 2(137): 221-229.
13. **Szwed G., Kusińska E. 2005.** Zmiana cech geometrycznych ziarniaków pszenicy w wyniku niekorzystnych warunków przechowywania. MOTROL Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa 7, 196-207.
14. **Zalewski K., Górecki R., Górski M., Witkowski I. 1997.** Metabolizm starych nasion. Zmiany fizjologiczne w nasionach roślin strączkowych podczas przechowywania. Biuletyn IHiAR nr 201. 199-210.

CHANGES IN A HORSE BEAN SEEDS QUALITY
DRIED AND STORED IN AN ELEVATOR WITH
A VERTICAL VENTILATION SYSTEM (PART II)

Summary. The aim of the present study was to determine the horse bean seeds quality which were dried and stored in the free-standing elevator with a vertical ventilation system.

An electric heater was used to dry horse bean seeds during autumn what resulted in air humidity decrease to the level of 46-57%. Horse bean seeds dried in an elevator with a vertical ventilation system kept the high germination ability, which was tested by the Hiltner method, and showed a positive result in the field check.

Key words: elevators, storage, horse bean, seeds quality.

Системный подход к проектированию стрительных конструкций

Владимир Чемодуров, Элла Литвинова, Виктория Вдовиченко

Национальная академия природоохранного и курортного строительства
ул. Киевская, 181, Симферополь, 95943, e-mail: ellalit@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается системный подход к проектированию стрительных (каркасных) конструкций с точки зрения обеспечения заданной вероятности их функционирования. Предлагается методика оптимального проектирования, предназначенная для решения широкого класса задач, у которых оптимальное решение лежит на функциональных границах. Представляется, что предлагаемая методика исследования может дать существенный результат в экономии материальных ресурсов при проектировании и строительстве сооружений различного назначения. Исследование базируется на применении методов стохастического программирования.

Ключевые слова: каркасные конструкции, нелинейное и стохастическое программирование, оптимальное решение, функциональные ограничения, ограничения по вероятности.

ВВЕДЕНИЕ

В целях повышения эффективности исследований сложных стрительных конструкций, возможности их максимальной автоматизации и снижения затрачиваемых ресурсов целесообразен подход, основанный на методологической концепции системного анализа как одной из основных особенностей современной науки и техники [10]. Это позволит выделить одинаковые для всех типов конструкций процедуры и этапы работ, максимально исключая субъективность и направленные на оптимальное решение поставленных проблем.

Системный анализ процессов проектирования стрительных объектов во многих случаях может стать базой для эффективного использования информационного пространства, окружающего стрительный объект от момента возникновения идеи о необходимости его возведения до момента его утилизации (разрушения) [2, 11].

Системный анализ и теория надежности представляют собой тот математический аппарат, который, кроме прочего, накладывает на проект ряд ограничений исходя

из требований к обеспечению безопасной эксплуатации здания или сооружения в течение некоторого расчетного периода. Однако некоторые особенности проектных и конструктивных решений, кажущиеся «безобидными» с точки зрения их реализации и удовлетворяющие требованиям теории надежности, могут играть значительную роль в условиях развития реальной чрезвычайной ситуации и, к сожалению, не всегда позитивную. Если часть из них можно достаточно легко прогнозировать логически, а в некоторых случаях руководствуясь эмпирическими данными и статистикой, то остальные можно выявить, лишь моделируя развитие различных чрезвычайных ситуаций на конкретном проектируемом объекте [2, 11].

Рассматриваемый в статье класс задач отличается тем, что оптимальное сочетание параметров элементов конструкций оказывается на границе функциональных ограничений. Этот, довольно обширный класс задач, включает в себя подавляющее число задач проектирования систем, поскольку функционирование последних происходит в рамках большого числа ограничений (ограничений по нагрузкам, габаритам, по прочности и жесткости отдельных элементов конструкции, допустимым отклонениям варьируемых параметров, по стоимости и другие) [3–9].

Если оптимальное решение искать без учета помех методами нелинейного программирования, и оно оказывается принадлежащим детерминированной границе, то это означает, что в реальных условиях (при наличии помех), практически в 50% случаев будет иметь место отказ системы. Найденное таким образом оптимальное решение может служить основой для определения вероятностных характеристик ограничений задачи в этой области. Остается только определиться с вероятностными характеристиками функциональных границ и найти новое решение для заданной вероятности их нарушения [3–9].

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В настоящее время все проектные работы производятся в строгом соответствии с нормативными и рекомендательными документами по основным элементам строительных сооружений. Причем все проектные работы выполняются для «наихудших» условий функционирования конструкции, то есть на сочетание предельно максимальных нагрузок, что, в принципе, является излишней «перестраховкой».

Рекомендации предназначены для всех организаций, независимо от формы их собственности и принадлежности, осуществляющих проектно-изыскательские и строительные работы по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям. Такой подход удобен как для строительных организаций, так и для контролирующих органов.

В то же время во многих отраслях производства широко используются методы проектирования объектов, базирующиеся на методах системного анализа, позволяющих получить существенные выгоды, как в эффективности функционирования, так и в себестоимости продукции.

В связи с этим, несомненно, актуальным является анализ строительных (каркасных) конструкций с использованием стохастических моделей их загрузки, особенно при внешнем сейсмическом воздействии. Такой подход позволит оптимизировать параметры элементов свайных конструкций и их конфигурацию для любой заданной вероятности их безопасного функционирования.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью исследования является создание методики проектирования элементов строительных конструкций, их конфигурации путем разработки стохастического метода оптимизации параметров с учетом случайного характера внешних нагрузок, характеристик используемых материалов, ошибок производства и других случайных факторов, влияющих на надежность создаваемой конструкции.

Системный подход позволяет строить процесс исследований напряженно-деформированного состояния сложных конструкций и сооружений в виде шаговых процедур, наиболее эффективно ведущих к достижению поставленной перед исследователем цели.

Основные этапы разработки методики комплексного проектирования:

- разработка математической модели прочности и жесткости элементов свайной конструкции при действии на нее детерминированной внешней нагрузки,
- разработка стохастической модели прочности и жесткости элементов свайной конструкции с учетом реальных разбросов (в пределах нормативных допусков) геометрических характеристик и физических свойств материалов элементов сооружения,

- разработка пакета программ нелинейного и стохастического программирования.

Необходимо отметить, что случайные переменные, которые в сложных системах представляют наложение многих различных более или менее независимых причин, могут рассматриваться как суммы случайных переменных. Известно, что сумма произвольно распределенных случайных переменных приближенно распределены по нормальному закону, причем тем ближе, чем больше членов этой суммы. Это служит основой того, что многие статистические распределения при достаточном объеме выборки хорошо аппроксимируются нормальным распределением [1, 3–6, 9].

Введем ряд математических обозначений [8–10]: x – вектор варьируемых параметров; \bar{x} – оптимальный вектор детерминированной задачи; \tilde{x} – оптимальный вектор стохастической задачи; θ – вектор случайных параметров; $f^i(x, \theta)$ – i -я функция ограничения задачи; D_x – область допустимых решений задачи.

В общем случае задача оптимизации формулируется следующим образом: минимизировать функцию:

$$f^0(x, \theta), \quad (1)$$

при условиях:

$$Q^i(x) = P\{f^i(x, \theta) \leq 0\} - p_i \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad (2)$$

$$x \in X, \quad \theta \in \Omega. \quad (3)$$

Здесь: $f^0(x, \theta)$ – целевая функция; m – число функциональных ограничений; $x = (x_1, \dots, x_n) \in X$ – вектор варьируемых параметров; $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_k) \in \Omega$ – вектор параметров, которые имеют вероятностную природу с известными законами распределения; P_i – заданные константы.

В нелинейном программировании случайности не учитываются, все параметры приравниваются к их номинальным значениям. С учетом сказанного, задача (1) – (3) запишется следующим образом: минимизировать функцию:

$$f^0(x), \quad (4)$$

при условиях:

$$f^i(x) \leq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad (5)$$

$$x \in X. \quad (6)$$

Пусть найдено оптимальное решение \bar{x} , при котором выполняются условия (5) и (6). Если теперь в модель ввести помехи, то при ее реализации в точке \bar{x} ограничения (5) для одних решений будут выполняться, для других нет. Таким образом, можно говорить о случайном разбросе функциональных границ вокруг своих номинальных значений.

Если, используя выборочные методы, имеется возможность установить законы распределения функцио-

нальных ограничений и оценки их параметров в данной точке \bar{x} , то, задаваясь вероятностью не нарушения границ, можно определить новые функциональные ограничения $F^i(x) \leq 0$, удовлетворяющие выбранному уровню вероятности безотказного функционирования рассматриваемой системы в реальных условиях.

В общем случае параметры распределения функций $f^i(x, \theta)$ зависят от векторов x и θ , поэтому их можно представить в точке оптимального решения следующим образом $f^i(\bar{x}, \theta) = u^i(x) + v^i(\theta)$.

Пусть $v^i(q)$ имеет нормальное распределение с плотностью:

$$\varphi_v = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma(f^i)} e^{-\frac{(f^i - M(f^i))^2}{2\sigma(f^i)^2}}. \quad (7)$$

Интегрируем (7):

$$P[f^i(\bar{x}, \theta) \leq 0] = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma(f^i)} \int_{-\infty}^0 e^{-\frac{(f^i - M(f^i))^2}{2\sigma(f^i)^2}} df^i. \quad (8)$$

После введения новой переменной $v^i = (f^i - M(f^i)) / \sigma(f^i)$, получим:

$$P[f^i(\bar{x}, \theta) \leq 0] = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{k_i} e^{-v^i^2/2} dv^i,$$

где: $k_i = -M(f^i) / \sigma(f^i)$. Тогда условие (2) можно записать:

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{k_i} e^{-v^i^2/2} dv^i \geq p_i, \quad (9)$$

или:

$$-M(f^i) / \sigma(f^i) \geq k(p_i). \quad (10)$$

Откуда окончательно получим:

$$M[f^i(\bar{x}, \theta)] + k(p_i)\sigma[f^i(\bar{x}, \theta)] \leq 0, \quad i = \overline{1, m}. \quad (11)$$

Оценки параметров распределения функциональных ограничений можно получить, используя зависимости математической статистики [7–9]:

$$M[f^i(\bar{x}, \theta)] = \sum_{j=1}^n f^i(\bar{x}, \theta) / n, \quad (12)$$

$$\sigma^2[f^i(\bar{x}, \theta)] = \frac{n \sum_{j=1}^n [f^i(\bar{x}, \theta)]^2 - \left[\sum_{j=1}^n f^i(\bar{x}, \theta) \right]^2}{n(n-1)}, \quad (13)$$

Необходимо иметь в виду, что по формулам (12) и (13) мы определяем оценки параметров. В задачах, где требуется высокая точность вероятности не нару-

шения функциональных ограничений, необходим расчет соответствующего объема выборки. Согласно теореме Ляпунова отношение $\sqrt{2n}(\bar{\sigma} - \sigma) / \sigma$ стремится к нормальному при возрастании n . Имея это в виду, можно записать:

$$P\left[|\bar{\sigma} - \sigma| \frac{\sqrt{2n}}{\sigma} < z_\alpha\right] = 2\hat{O}(z_\alpha) - \alpha, \quad (14)$$

где: $\Phi(\cdot)$ – функция Лапласа, α – доверительная вероятность того, что истинное значение будет накрыто интервалом $\bar{\sigma} = z_\alpha \sigma / \sqrt{2n}$. Обозначим $|\bar{\sigma} - \sigma| = \Delta_\sigma$, где D_s – заданная величина. Решим относительно n неравенство $z_\alpha \sigma / \sqrt{2n} \leq \Delta_\sigma$:

$$n \geq \frac{z_\alpha^2 \sigma^2}{2\Delta_\sigma^2} = \frac{z_\alpha^2}{2q_\sigma^2}, \quad \text{где } q_\sigma = \frac{\Delta_\sigma}{\sigma}. \quad (15)$$

При заданном p вероятность не нарушения определяется величиной ks . Зададимся допустимым отклонением D_s , тогда вероятность не нарушения функционального ограничения будет определяться величиной $k'\sigma$, то есть:

$$\Delta_\sigma = \sigma \frac{k - k'}{k} = \sigma \left(1 - \frac{k'}{k}\right) = q_\sigma. \quad (16)$$

Сравнивая (15) и (16), будем иметь:

$$n \geq \frac{z_\alpha^2}{2} \frac{1}{\left(1 - \frac{k'}{k}\right)}. \quad (17)$$

Коэффициенты k и k' связаны с вероятностью через соотношения:

$$\alpha = \hat{O}(k\sigma), \quad \alpha' = \hat{O}(k'\sigma). \quad (18)$$

Из всего выше сказанного вытекает следующая последовательность оптимизации выделенного класса задач проектирования с

использованием их стохастических моделей, включающая три этапа [3–9].

На первом этапе осуществляется поиск оптимального решения на детерминированной модели.

Второй этап – статистический анализ функциональных ограничений в окрестности оптимального решения, полученного на первом этапе, и построение области допустимых решений задачи по вероятности.

На третьем этапе осуществляется поиск оптимального решения задачи для новой системы функциональных ограничений.

Для численных исследований сложных строительных конструкций и сооружений следует применять программные комплексы общего назначения. Наряду с этим для расчета определенных типов сооружений могут использоваться программы, в зависимости от степени специализации которых накладываются ограничения на возможность выбора расчетной схемы. Для программ

общего назначения предопределен набор типов расчетных элементов, выбор которых и способ объединения для аппроксимации работы строительной конструкции зависят от инженера-исследователя, исходящего из принципов [10]:

- I расчетная схема сооружения должна назначаться в соответствии со схемой деформирования или разрушения сооружения, подтвержденных строительной практикой,
- II поскольку расчетная схема – аналог механической модели сооружения, в нее вводятся упрощающие гипотезы, позволяющие выделить определяющие факторы, влияющие на работу конструкции (рассчитываемая конструкция находится в менее благоприятных по сравнению с действительностью условиях, кроме того, учитывается требование экономической целесообразности проектируемой конструкции),
- III для расчета некоторых конструктивных элементов или их систем целесообразно иметь несколько расчетных схем, каждая из которых имеет область применения (расчетные схемы отличаются степенью подробности аппроксимации, свойствами расчетных элементов и др.; критерием для выбора той или иной модели служит оценка результата, удовлетворяющего условиям поставленной задачи).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Прогрессивные формы и методы организации проектной стадии, достижения в типичном проектировании, транспортные схемы в составе сметных цен должны быть и реальными, и экономическими, учитывающими структуру рационально составленных связей строительства с отраслями промышленности. Это в полной мере отвечает современной стадии проектирования как неотъемлемой части всего инновационного комплекса в строительстве.

Исследования каркаса здания межвидового применения [10, 12, 13]. Каркасы межвидового применения предназначены для широкой номенклатуры зданий различного назначения, что обуславливает многообразие конструктивных схем, воздействий и т.д. В этой связи для рационального проектирования конструкций необходимо разработать такие расчетные модели, которые позволяли бы достоверно определять параметры напряженно-деформированного состояния элементов.

Для решения поставленных задач была использована методика, основанная на системном анализе и функциональном моделировании, в соответствии с положениями которой процесс исследования был разбит на ряд последовательных этапов:

- I разработка расчетной модели каркаса малоэтажного здания, учитывающей факторы, влияющие на напряженно-деформированное состояние элементов (однополочных ригелей),
- II выявление неизвестных параметров расчетной модели и проведение предварительных численных исследований для получения расчетных уравнений,

III проведение физических экспериментов для получения данных, необходимых для определения неизвестных параметров расчетной модели и проверки ее адекватности,

IV уточнение расчетной модели и выполнение многовариантных расчетов – численных экспериментов – в необходимом объеме.

Вместе с тем, результат расчета должен быть получен в виде, удобном для проектирования элементов, а сама расчетная модель должна быть четкой, удобной в работе.

После определения неизвестных параметров были выполнены расчеты модели фрагмента и проверена адекватность расчетной модели, которая показала достоверность разработанной расчетной модели.

На отлаженной расчетной модели были выполнены численные исследования и оценено влияние ряда факторов (отклонения в жесткостных характеристиках элементов, изменение высоты этажа, изменение граничных условий, качество замоноличивания, стыков и т.д.) на напряженно-деформированное состояние каркаса здания межвидового применения.

Одним из направлений системного анализа являются принципы и методы ценообразования в строительстве, которые должны быть приведены в соответствии с требованиями планирования нового строительства и действующего производства как единого целого, их определение и применение, а также правила составления смет на строительство новых и реконструкцию действующих предприятий, зданий, сооружений. Иначе говоря, функции ценообразования в отрасли традиционно ограничивают задачами оценки проектных объемов работ, потребности в материальных и трудовых ресурсах [14].

Обоснованному решению проблемы способствует методическая схема, которая определяет принципы, порядок и последовательность выполнения комплекса работ из введения новых сметных норм и цен, пересчета смет, обобщения результатов пересчета и обеспечения им балансовой увязки с условиями ценообразования на проектной стадии, которая сложилась в строительной отрасли.

Такой методический приём позволяет интегрировать многочисленные виды сметных нормативов в единую систему уже на проектной стадии, учитывая таким образом, с одной стороны, специфическую особенность формирования общего уровня затрат по каждому отдельно взятому виду предметов и орудий труда, которые используются в процессе создания строительных объектов, с другой – оценивая уровень сметных затрат в совокупности, то есть в той форме, в которой они реально отображают стоимостную структуру строительной продукции, как в целом, так и её части – стадии проектирования.

Таким образом, системный анализ выявляет приоритеты обоснования стоимости проектной продукции, что невозможно без определения места законов экономической теории в процессе разработки проектно-сметной документации.

ВЫВОДЫ

Системный анализ процессов проектирования строительных объектов во многих случаях может стать базой для эффективного использования информационного пространства, окружающего строительный объект от момента возникновения идеи о необходимости его возведения до момента его утилизации (разрушения).

Представленный вероятностный подход к оптимизации проектных задач выделенного класса (оптимальное решение принадлежит границе области допустимых значений параметров), кроме сокращения вычислительных затрат (связанных с использованием методов стохастического программирования), позволяет выявить значительный эффект в улучшении выбранного критерия эффективности проектируемых конструкций, по сравнению с детерминированными методами расчета по совокупности неблагоприятных комбинаций отклонений параметров и характеристик систем от их номинальных значений.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Волгин Н.С. и др., 1981.** Исследование операций. – Л.: ВМА. – 212.
2. **Волков А.А., 2000.** Информационная поддержка процессов оперативного влияния на динамику чрезвычайных ситуаций в строительных объектах// Большой Российский каталог. Строительство. – М.: Каталоги и справочники. – 38–40.
3. **Волкова В.Н., Денисов А.А., 1997.** Основы теории систем и системного анализа. – СПб.: Изд. СПбГТУ. – 510.
4. **Лямец В.И., Тевяшев А.Д., 1998.** Системный анализ. – Харьков: ХТУРЭ. – 252.
5. **Моисеев Н.Н., 1981.** Математические задачи системного анализа. – М.: Наука.
6. **Петров В.П., Сидоров И.С., Козлов К.А., 2005.** Общая теория систем – СПб.: Научная мысль. – 480.
7. **Чемодуров В.Т., 1981.** Поиск оптимума в задачах с ограничениями по вероятности. – Л.: ВМА. – 173.
8. **Чемодуров В.Т., 1981.** Прикладные методы статистического оценивания. – Л.: ВМА. – 205.
9. **Чемодуров В.Т., 1983.** Моделирование систем. – Л.: ВМА. – 184.
10. Методические рекомендации по исследованию строительных конструкций с применением математического и физического моделирования, 1987. – К: НИИСК. – 68.
11. **Volkov A.A., 2000.** Aktive Sicherheit von Bauobjekten in aussergewöhnlichen Situationen // IKM 2000, ABSTRACTS: PROMISE AND REALITY. – Weimar: Bauhaus-Universität Weimar. – 49.
12. **Agermachev G., Abdurakhmanov A., Mennanov E., 2009.** The application of energy absorbers in the dynamic systems// MOTROL. – № 11A, 59–63.
13. **Меннанов Э., Ажермачев Г., Абдурахманов А., Меннанов Э., 2010.** К вопросу надежности и долговечности сварных соединений строительных конструкций// MOTROL. – № 12D, 162 – 167.
14. Смета. Проектирование. Строительство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nebook.net>.

APPROACH OF THE SYSTEMS TO PLANNING OF BUILD CONSTRUCTIONS

Summary. In the article approach of the systems is examined to planning of build (frame) constructions from point of providing of the set probability of their functioning. The method of the optimum planning, intended for the decision of wide class of tasks at which an optimum decision lies on functional scopes, is offered. It appears that the offered method of research can give a substantial result in the economy of financial resources at planning and building of buildings of different destiny. Research is based on application of methods of the stochastic programming.

Key words: frame constructions, nonlinear and stochastic programming, optimum decision, functional limitations, limitations on probability.

Определение параметров элементов строительных конструкций с учетом заданной вероятности их неразрушения

Владимир Чемодуров, Александр Попов

Национальная академия природоохранного и курортного строительства
ул. Киевская, 181, Симферополь, 95943, e-mail: agp-51@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается подход к проектированию строительных конструкций на основе заданной вероятности их не разрушения. Такой подход возможен, когда оптимальное решение сочетаний параметров элементов конструкции находится на одной или нескольких функциональных границах, определяемых условиями прочности и устойчивости ее узлов и элементов конструкции в целом. При этом, как представляется, имеется возможность получить существенную экономию в расходовании материальных ресурсов при строительстве сооружений различного назначения. Возможности и преимущества данного подхода, основанного на методах стохастического программирования, показаны на примере оптимизации параметров многослойной пластины.

Ключевые слова: строительные конструкции, нелинейное и стохастическое программирование, оптимальное решение, функциональные ограничения, ограничения по вероятности.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одним из главных путей повышения качества и эффективности проектно-конструкторских работ в строительстве, машиностроении и других областях современной науки и техники является автоматизация проектирования на основе применения электронных вычислительных машин (ЭВМ). Из всего комплекса важных направлений автоматизации проектно-конструкторских работ можно особо выделить *оптимальное проектирование*, основанное на методологической концепции системного анализа [1, 2]. Системный анализ дает возможность все процессы проектирования отдельных элементов и всего сооружения в целом связать в единую технологическую цепочку: от рождения идеи о создании строительного объекта до дня прекращения его эксплуатации

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Рассматриваемая в статье задача оптимизации параметров многослойной пластины относится к классу задач, которые отличаются тем, что оптимальное сочетание параметров элементов конструкций оказывается на границе функциональных ограничений (ограничений по прочности, жесткости и устойчивости отдельных элементов конструкции, по габаритам, по допустимым отклонениям варьируемых параметров, по стоимости и других).

В настоящее время, с целью страховки от нежелательных последствий, при функционировании в реальных условиях проектируемых систем, в проектных организациях используют различные приемы. Например, введение в расчет детерминируемым образом (при проверке функциональных ограничений) наиболее неблагоприятных комбинаций максимально возможных отклонений параметров и характеристик изделий от их средних (номинальных) значений. Этот прием значительно увеличивает габариты конструкции и, как следствие, рост материальных затрат.

Вместе с тем во многих отраслях производства широко используются методы проектирования объектов, базирующихся на методах системного анализа, позволяющих получить существенные выгоды, как в эффективности функционирования, так и в себестоимости продукции.

В связи с этим, несомненно, актуальным является анализ строительных конструкций с использованием стохастических моделей их нагружения. Такой подход позволит оптимизировать параметры элементов строительных конструкций и их конфигурацию для любой заданной вероятности их безопасного функционирования.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью исследования является применение методики оптимального проектирования элементов строительных

конструкций, их конфигурации путем использования стохастического метода оптимизации параметров с учетом случайного характера внешних нагрузок, характеристик используемых материалов, ошибок производства и других случайных факторов, влияющих на надежность создаваемой конструкции на примере оптимизации параметров многослойной пластины.

Основные этапы разработки методики комплексного проектирования.

1. разработка математической модели прочности и жесткости элементов конструкции с целью оптимизация ее параметров при действии на нее детерминированной внешней нагрузки.
2. разработка стохастической модели функционирования конструкции с учетом реальных разбросов (в пределах нормативных допусков) всех случайных параметров для оценки статистических параметров функциональных ограничений и их корректуре.

Разработка пакета программ нелинейного и стохастического программирования рассмотрены в работе [5].

Пример системного подхода к проектированию многослойной пластины. Данная методика апробирована при расчете параметров трехслойной пластины (панели). В последние годы многослойные панели находят все большее применение в строительстве. Благодаря целесообразному выбору и составу отдельных слоев могут быть созданы панели с заданными статическими и конструктивными свойствами.

Многослойная панель, используемая в качестве несущего элемента, как правило, состоит из трех слоев: двух внешних и одного внутреннего. Для достижения общей несущей способности этой многослойной конструкции слои соединены между собой для образования монолитной системы различного вида армирования.

В работе рассматривается трехслойная панель, внешние слои которой выполнены из бетона, а средний слой – из армированного полимерного материала (рис. 1).

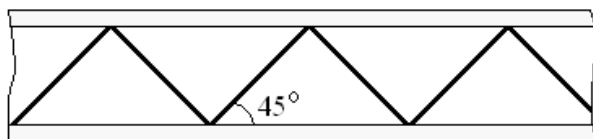


Рис.1. Схема трехслойной пластины-панели

Fig.1. Scheme sandwich plate panels

Представляется, что расчет многослойной панели можно упростить, если реальную панель заменить однослойной с приведенной жесткостью. Таким образом, общую задачу расчета многослойной панели-пластины разобьем на два этапа. Вначале получим уравнения прогиба пластины как однородного ортотропного тела, используя законы классической теории упругости. На втором этапе построим модель трехслойной пластины с приведенной жесткостью.

Рассмотрим задачу прогиба сплошной пластины с жестким креплением ее граней. Схема крепления пластины показана на рисунке 2.

Граничные условия на защемленных концах.

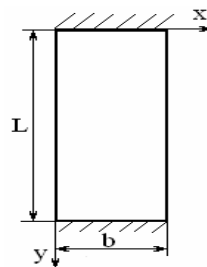


Рис. 2. Схема крепления пластины

Fig. 2. Scheme mounting plate

$$\left. \begin{array}{l} \text{При } y=0 \quad u \quad y=L \\ w=0 \quad u \quad \frac{\partial w}{\partial y} = 0 \end{array} \right\} \quad (1)$$

При исследовании вопроса об изгибе полосы-пластины воспользуемся решением М. Леви. Условия (1) будут удовлетворены, если примем в качестве частного решения уравнения прогиба:

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{q}{D}, \quad (2)$$

выражение вида:

$$w_n = Y_n \sin \frac{n\pi x}{a},$$

Здесь Y_n – неизвестная функция y , которая должна удовлетворять уравнению (2) и условиям по сторонам полосы-пластины, параллельным оси x . Будем искать выражение для прогиба полосы-балки в форме бесконечного ряда:

$$w = \sum_{n=1}^{\infty} Y_n \sin \frac{n\pi x}{b}. \quad (3)$$

Нагрузку q примем равномерной по площади полосы-балки. Подставив (3) в (2), найдем:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \left(Y_n'''' - 2 \frac{n^2 \pi^2}{b^2} Y_n'' + \frac{n^4 \pi^4}{b^4} Y_n \right) \sin \frac{n\pi x}{b} = \frac{q}{D}.$$

Умножая обе части полученного уравнения на $\sin \frac{n\pi x}{b}$ и интегрируя и интегрируя его в пределах от 0 до b , получим следующее линейное дифференциальное уравнение с постоянными коэффициентами для функции Y_n :

$$\begin{aligned} Y_n'''' - 2 \frac{n^2 \pi^2}{b^2} Y_n'' + \frac{n^4 \pi^4}{b^4} Y_n &= \\ &= \frac{2}{bD} \int_0^b q \cdot \sin \frac{n\pi x}{a} dx \end{aligned} \quad (4)$$

Обозначим: $\frac{n\pi}{b} = \alpha$. Тогда, при $q = \text{Const}$, получим:

$$Y_n'''' - 2\alpha^2 Y_n'' + \alpha^4 Y_n = \frac{2q}{bD\alpha} (1 - \cos(n\pi)). \quad (5)$$

Пусть $\varphi_n(y)$ – частное решение уравнения (5). Общий интеграл его запишется в виде:

$$Y_n = \varphi_n(y) + A_n \operatorname{sh}(\alpha y) + B_n \operatorname{ch}(\alpha y) + \gamma(C_n \operatorname{sh}(\alpha y) + D_n \operatorname{ch}(\alpha y)) \quad (6)$$

Произвольные постоянные A_n, B_n, C_n, D_n определяются из условия крепления пластины по краям, параллельным оси x (1). Для этого дифференцируем (6) по y :

$$\frac{\partial Y_n}{\partial y} = \alpha(A_n \operatorname{ch}(\alpha y) + B_n \operatorname{sh}(\alpha y)) + (C_n \operatorname{sh}(\alpha y) + D_n \operatorname{ch}(\alpha y)) + \alpha \gamma(C_n \operatorname{ch}(\alpha y) + D_n \operatorname{sh}(\alpha y)) \quad (7)$$

При $y=0$:
$$\left. \begin{aligned} \varphi_n(y) + B_n &= 0, \\ \alpha A_n + D_n &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

При $y=b$:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_n(y) + A_n \operatorname{sh}(ab) + B_n \operatorname{ch}(ab) + \\ + C_n b \cdot \operatorname{sh}(ab) + D_n b \cdot \operatorname{ch}(ab) &= 0, \\ \alpha(A_n \operatorname{ch}(ab) + B_n \operatorname{sh}(ab)) + C_n \operatorname{sh}(ab) + \\ + D_n \operatorname{ch}(ab) + \alpha b(C_n \operatorname{ch}(ab) + D_n \operatorname{sh}(ab)) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Решая совместно уравнения (8) и (9), получим:

$$\left. \begin{aligned} A_n &= \varphi_n(y) \frac{\operatorname{ch}(ab) - 1}{\operatorname{sh}(ab) + ab}, \\ B_n &= -\varphi_n(y), \\ C_n &= \varphi_n(y) \frac{\operatorname{sh}(ab)}{\operatorname{sh}(ab) + ab}, \\ D_n &= -\varphi_n(y) \alpha \frac{\operatorname{ch}(ab) - 1}{\operatorname{sh}(ab) + ab} \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Частное решение $\varphi_n(y)$ найдем путем подстановки его в уравнение (5), правая часть которого отлична от нуля при нечетных значениях:

$$\alpha^4 \varphi_n(y) = \frac{4q}{bD\alpha},$$

откуда:

$$\varphi_n(y) = \frac{4q}{bD\alpha^5}.$$

Обозначим:

$$K = \frac{4q}{bD}, \text{ тогда } \varphi_n(y) = \frac{K}{\alpha^5}.$$

Выражения (10) можно переписать так:

$$\left. \begin{aligned} A_n &= \frac{K}{\alpha^5} \frac{\operatorname{ch}(ab) - 1}{\operatorname{sh}(ab) + ab}, \\ B_n &= -\frac{K}{\alpha^5}, \\ C_n &= \frac{K}{\alpha^5} \alpha \frac{\operatorname{sh}(ab)}{\operatorname{sh}(ab) + ab}, \\ D_n &= -\frac{K}{\alpha^5} \alpha \frac{\operatorname{ch}(ab) - 1}{\operatorname{sh}(ab) + ab} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Выражение для Y_n запишется следующим образом:

$$Y_n = \frac{K}{\alpha^5} \times \left[\begin{aligned} &1 + \frac{\operatorname{ch}(ab) - 1}{\operatorname{sh}(ab) + ab} \operatorname{sh}(\alpha y) - \operatorname{ch}(\alpha y) + \\ &+ \alpha \gamma \frac{\operatorname{sh}(ab)}{\operatorname{sh}(ab) + ab} \operatorname{sh}(\alpha y) - \alpha \gamma \frac{\operatorname{ch}(ab) - 1}{\operatorname{sh}(ab) + ab} \operatorname{ch}(\alpha y) \end{aligned} \right].$$

Для краткости записи введем обозначения для постоянных величин:

$$F_1 = \frac{\operatorname{ch}(ab) - 1}{\operatorname{sh}(ab) + ab}, \quad F_2 = \frac{\operatorname{sh}(ab)}{\operatorname{sh}(ab) + ab} \left. \right\}.$$

Прогиб пластины на основании (3) представляется в таком виде:

$$w = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{K}{\alpha^5} \left[\begin{aligned} &1 + F_1 \operatorname{sh}(\alpha y) - \\ &- \operatorname{ch}(\alpha y) + \\ &+ F_2 \alpha y \cdot \operatorname{sh}(\alpha y) - \\ &- F_1 \alpha y \cdot \operatorname{ch}(\alpha y) \end{aligned} \right] \cdot \operatorname{Sin} \frac{n\pi x}{a} \quad (12)$$

Проанализируем уравнение (12). Наибольший прогиб пластины приходится на ее середину. При $y=L/b$ и $x=b/2$ и подстановки в (12) значений K и α будем иметь:

$$w_{\max} = \frac{4b^4}{D\pi^5} q \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \left(\frac{1}{n} \right)^5 \left[\begin{aligned} &1 + F_1 \operatorname{sh} \left(\frac{\alpha L}{2} \right) - \\ &- \operatorname{ch} \left(\frac{\alpha L}{2} \right) + \\ &+ F_2 \frac{\alpha L}{2} \operatorname{sh} \left(\frac{\alpha L}{2} \right) - \\ &- F_1 \frac{\alpha L}{2} \operatorname{ch} \left(\frac{\alpha L}{2} \right) \end{aligned} \right].$$

Данный ряд быстро сходится. Так как первый его член при $n=1$ равен 0,15. Этим членом в принципе достаточно ограничиться, так как уже при $n=3$ выражение в скобках на два порядка меньше предыдущего. Поэтому приближенно можно принять:

$$w_{\max} = \frac{0,6b^4}{D\pi^5} q. \quad (13)$$

Определим изгибающий момент по оси y :

$$M_y = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) = -D \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{K}{\alpha^3} \left[\begin{aligned} &F_2 \psi(\alpha y) - F_1 \zeta(\alpha y) - \\ &- \operatorname{ch}(\alpha y) - \mu \vartheta(\alpha y) \end{aligned} \right] \operatorname{Sin} \frac{n\pi x}{a} \quad (14)$$

В выражении (14) введены следующие функции:

$$\left. \begin{aligned} \psi(\alpha y) &= 2 \cdot \operatorname{ch}(\alpha y) + \alpha y \cdot \operatorname{sh}(\alpha y), \\ \zeta(\alpha y) &= \operatorname{sh}(\alpha y) + \alpha y \cdot \operatorname{ch}(\alpha y), \\ \vartheta(\alpha y) &= 1 + F_1 \operatorname{sh}(\alpha y) - \operatorname{ch}(\alpha y) + F_2 \alpha y \cdot \operatorname{sh}(\alpha y) - \\ &- F_1 \alpha y \cdot \operatorname{ch}(\alpha y). \end{aligned} \right\}$$

Ряд (14) так же как и ряд (12) сходится довольно быстро. Наибольший изгибающий момент наблюдается в закреплении пластин. В точке $x=b/2$ и $y=0$ или $y=b$.

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} &= \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{K}{\alpha^3} \frac{\operatorname{sh}(\alpha L) - \alpha L}{\operatorname{sh}(\alpha L) + \alpha L}, \\ \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Согласно формуле (14):

$$|M_y|_{max} = \frac{4b^2}{\pi^3} q \sum_{n=1,3,5...} \left(\frac{1}{n}\right)^3 \frac{sh(\alpha L) - \alpha L}{sh(\alpha L) + \alpha L}. \quad (16)$$

Для квадратной пластины значение суммы бесконечного ряда равно $\approx 0,572$. Поэтому получим для данного случая:

$$|M_y|_{max} = \frac{2,4b^2}{\pi^3} q. \quad (17)$$

Далее рассмотрим возможность представления реальной многослойной пластины, показанной на рисунке 1, в виде однослойной со специально подобранными параметрами. Представим приведенную жесткость пластины в следующем виде:

$$(EJ)_{np} = \frac{\sum (EJ)_i A_i}{\sum A_i}. \quad (18)$$

Здесь A_i – площадь поперечного сечения i -го слоя (рис. 3). Определим жесткость каждого слоя пластины:

$$\left. \begin{aligned} (EJ)_1 A_1 &= E \left(\frac{1}{3} t_a^4 + t_a^3 \delta_a + t_a^2 \delta_a^2 \right) b, \\ (EJ)_2 A_2 &= E_1 \frac{1}{3} \delta_a^4 b, \\ (EJ)_3 A_3 &= E_1 \frac{1}{3} \delta_n^4 b, \\ (EJ)_4 A_4 &= E \left(\frac{1}{3} t_n^4 + t_n^3 \delta_n + t_n^2 \delta_n^2 \right) b. \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Здесь E – модуль упругости внешних слоев, E_1 – модуль упругости среднего слоя:

$$\sum A_i = (t_a + t_n + \delta_a + \delta_n) b. \quad (20)$$

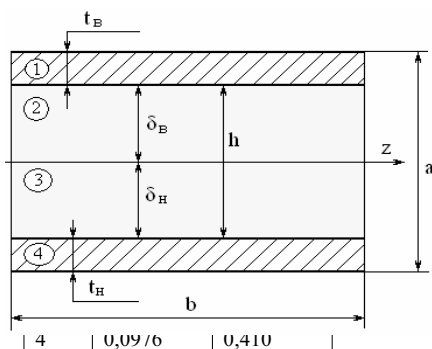


Рис. 3. Геометрические параметры пластины
Fig. 3. Geometric parameters of the plate

Приведенный модуль упругости трехслойной пластины:

$$E_{np} = \frac{(EJ)_{np}}{J}. \quad (21)$$

Где момент ее инерции:

$$J = \sum J_i = \left[\left(\frac{1}{3} t_a^3 + t_a^2 \delta_a + t_a \delta_a^2 \right) + \left(\frac{1}{3} t_n^3 + t_n^2 \delta_n + t_n \delta_n^2 \right) + \frac{1}{3} \delta_a^3 + \frac{1}{3} \delta_n^3 \right] b. \quad (22)$$

Окончательное выражение для приведенного модуля упругости имеет вид:

$$E_{np} = \frac{\left[\left(\frac{1}{3} t_a^4 + t_a^3 \delta_a + t_a^2 \delta_a^2 \right) + E \left(\frac{1}{3} t_n^4 + t_n^3 \delta_n + t_n^2 \delta_n^2 \right) + E_1 \left(\frac{1}{3} \delta_a^4 + \frac{1}{3} \delta_n^4 \right) \right]}{\left[\left(\frac{1}{3} t_a^3 + t_a^2 \delta_a + t_a \delta_a^2 \right) + (t_a + t_n + \delta_a + \delta_n) \left(\frac{1}{3} t_n^3 + t_n^2 \delta_n + t_n \delta_n^2 \right) + \frac{1}{3} (\delta_a^3 + \delta_n^3) \right]}. \quad (23)$$

Выражение (23) значительно упроститься, если трехслойная пластина симметрична по толщине, то есть и ,

$$E_{np} = \frac{E \left(\frac{1}{3} t^4 + t^3 \delta + t^2 \delta^2 \right) + E_1 \frac{1}{3} \delta^4}{(t + \delta) \left(\frac{1}{3} t^3 + t^2 \delta + t \delta^2 + \frac{1}{3} \delta^3 \right)} = KE + K_1 E_1. \quad (24)$$

Значения коэффициентов K и K_1 зависят от соотношения толщин t и δ (таблица 1).

δ/t	K	K_1
1	0,438	0,0625
2	0,234	0,198
3	0,144	0,316
4	0,0976	0,410

Определим модуль упругости среднего слоя, который препятствует сдвиговым деформациям.

Согласно закону Гука:

$$\gamma = \frac{\tau}{G} \approx tg(\gamma) = \frac{\Delta}{h}, \quad (25)$$

где: $\Delta = 2 \cdot \Delta L \cdot \cos 45^\circ = 1,4 \cdot \Delta L$

Здесь ΔL – деформация растяжения (сжатия) армирующего металлического стержня, у которого модуль упругости E_c , и площадь сечения A_c .

$$\Delta L = \frac{NL}{E_c A_c}. \quad (26)$$

Для определения продольного усилия N составим уравнение равновесия относительно точки O :

$$\sum M_o = Th - 2N \frac{L}{2} = 0.$$

Отсюда:

$$N = T \frac{h}{L}, \quad (27)$$

где: T – сдвиговое усилие.

Выразим L через толщину среднего слоя h :

$$L = \frac{h}{\cos 45^\circ} = 1,4h. \quad (28)$$

В этом случае :

$$N = T \frac{h}{1,4h} = 0,7T. \quad (29)$$

После подстановки (28) и (29) в (26) будем иметь:

$$\Delta L = \frac{0,7T \cdot 1,4h}{E_c A_c} = \frac{Th}{E_c A_c}.$$

Отсюда, деформация сдвига:

$$\Delta = 1,4 \cdot \Delta L = 1,4 \frac{Th}{E_c A_c}.$$

Угловая относительная деформация:

$$\gamma = \frac{\Delta}{h} = 1,4 \frac{T}{E_c A_c} = \frac{\tau}{G}.$$

Усилие T выразим через касательное напряжение и площадь поперечного сечения среднего слоя:

$T = \tau A_h = \tau b h$. При $b=1$ $T = \tau h$. Следовательно:

$$\gamma = 1,4 \frac{\tau h}{E_c A_c} = \frac{\tau}{G}.$$

Отсюда:

$$G = \frac{E_c A_c}{1,4h} = E_1. \quad (30)$$

Если принять диаметр стального стержня $d=5$ мм, с модулем упругости $E_c = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па, то модуль упругости одного узла будет равен $12,3 \cdot 10^6$ Па. При наличии n узлов модуль упругости среднего слоя полосы-балки:

$$E_1 = n \frac{E_c A_c}{1,4h}. \quad (31)$$

Далее, по формуле (18) находим приведенный модуль упругости полосы-балки и ее цилиндрическую жесткость:

$$D = \frac{E_{np} a^3}{12(1-\mu)}. \quad (32)$$

Продольная сила воспринимается бетонными частями. Ее можно определить через прогиб пластины:

$$T = - \frac{E}{1-\mu^2} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) \int_0^l z dz.$$

С учетом двух слоев бетона и выражений (15) и (16) получим:

$$N = T \cdot \cos 45^\circ = \frac{0,8E(t_n^2 + t_n^2) b^2}{(1-\mu^2) D \pi^3} q. \quad (33)$$

Половина стержней работает на растяжение, половина на сжатие – на устойчивость.

Проверку будем осуществлять по условию устойчивости.

Получив математическую модель расчета прочностных показателей, перейдем к ее исследованию при детерминированных переменных. В качестве метода исследования выберем метод случайного поиска параметров. Случайный поиск предполагает намеренное введение элемента случайности в алгоритм поиска. Эта случайность служит целям сбора информации о поведении объекта исследования. В ряде случаев введение такого случайного поведения в поиск дает возможность построить весьма простые и эффективные алгоритмы случайного поиска, которые в определенных случаях превосходят регулярные (в частности градиентные) алгоритмы поиска.

Стратегия численных методов основывается на рекуррентной зависимости:

$$x^{s+1} = \pi(x) [x^s + \rho^s \gamma^s \xi^s]. \quad (34)$$

Здесь: x^s – приближение вектора варьируемых параметров после s -ой итерации; ρ^s – величина шага в s -ой итерации (шаговый множитель); γ^s – ненормированный множитель (применяется не всегда); ξ^s – вектор направления; $\pi(x)$ – операция проектирования вектора x на его множество X , которая учитывает ограничение на пределы варьирования входных параметров.

Если множество X есть n – мерный параллелепипед, то есть:

$$x = (x_1, \dots, x_n), x_{j \min} \leq x_j \leq x_{j \max}, j = \overline{1, n}, \text{ то } \pi(x) = \{\pi_1(x), \dots, \pi_n(x)\},$$

$$\pi(x) = \begin{cases} x_{j \min} & \text{при } x_j < x_{j \min}, \\ x_{j \max} & \text{при } x_j > x_{j \max}, \\ x_j & \text{при } x_{j \min} \leq x_j \leq x_{j \max}. \end{cases} \quad (35)$$

Один из простейших методов случайного поиска – метод случайной выборки. Его цель заключается в том, что направление перехода из точки x^s в новую x^{s+1} выбирается из условия:

$$\xi^s = \begin{cases} \beta^s & \text{при } f^0(x^s + \rho^s \xi^s) < f^0(x^s), \\ 0 & \text{при } f^0(x^s + \rho^s \xi^s) \geq f^0(x^s). \end{cases} \quad (36)$$

Поставим задачу оптимизации параметров пластины следующим образом:

Минимизировать целевую функцию:

$$f^0(x) = m \rightarrow \min, \quad (37)$$

при условиях:

$$x \in X = \left\{ \begin{array}{l} f^1(x) = w - w_{\max} \leq 0, \\ f^2(x) = \sigma_B - [\sigma_c] \leq 0, \\ f^3(x) = \sigma_H - [\sigma_p] \leq 0, \\ f^4(x) = N_c - P_{кр} \leq 0, \\ \left. \begin{array}{l} t_{B\min} \div t_{B\max} \\ t_{H\min} \div t_{H\max} \\ \delta_{B\min} \div \delta_{B\max} \\ \delta_{H\min} \div \delta_{H\max} \\ d_{\min} \div d_{\max} \end{array} \right\} \right. \quad (38)$$

Здесь: m – общая масса пластины (панели), включающая массу бетона, массу внутреннего наполнителя и массу арматуры; $f^1(x)$ – ограничение по условиям жесткости пластины; $f^2(x)$ – ограничение по прочности бетона на сжатие; $f^3(x)$ – ограничение по прочности бетона на растяжение; $f^4(x)$ – ограничение по устойчивости элементов армирования; w – прогиб пластины; σ_B, σ_H – напряжения в верхнем и нижнем слоях бетона, соответственно; N – внутренние усилия в стальной арматуре; $P_{кр}$ – критическое усилие.

Ограничения на область варьируемых параметров выбираются из разумных размеров объекта, хотя это и не является строгим ограничением.

Задача (37)–(38) решена по условиям наилучшей комбинации значений параметров конструкции и условий ее функционирования, а также по предлагаемой методике, ориентированной на высокую вероятность не разрушения изделия.

ВЫВОДЫ

Сравнительный анализ результатов расчета параметров трехслойной пластины показывает, что резерв в выигрыше целевой функции (массы конструкции), рассчитанной по данной методике дает выигрыш в 36% по сравнению с детерминированными методами расчета по совокупности неблагоприятных комбинаций отклонений параметров и характеристик систем от их номинальных значений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ермольев Ю.М. и др., 1979. Математические методы исследования операций. – К.: Вища школа. – 312.
2. Моисеев Н.Н., 1981. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука. – 154.
3. Тимошенко С.П., 1975. Теория упругости. – М.: Наука. – 620.
4. Уайлд Д.Дж., 1967. Методы поиска экстремума. – М.: Наука. – 270.
5. Чемодуров В.Т., 1981. Поиск оптимума в задачах с ограничениями по вероятности. – Л.: ВМА. – 80.
6. Чемодуров В.Т., 1981. Прикладные методы статистического оценивания. – Л.: ВМА. – 120.
7. Чемодуров В.Т., 1981. Моделирование систем. – Л.: ВМА. – 180.
8. Шеннон Р., 1978. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М.: Мир. – 340.
9. Штамм К., Витте Х., 1983. Многослойные конструкции. – М.: Стройиздат. – 176.
10. Лямец В.И., Тевяшев А.Д., 1998. Системный анализ. – Харьков: ХТУРЭ. – 252
11. Волкова В.Н., Денисов А.А., 1997. Основы теории систем и системного анализа. – СПб.: Изд. СПбГТУ. – 510.
12. Agermachev G., Abdurakhmanov A., Mennanov E., 2009. The application of energy absorbers in the dynamic systems // MOTROL. – №11A, 59 – 63
13. Меннанов Э., Ажермачев Г., Абдурахманов А., Меннанов Э., 2010. К вопросу надежности и долговечности сварных соединений строительных конструкций // MOTROL. – №12D, 162 – 167.
14. Методические рекомендации по исследованию строительных конструкций с применением математического и физического моделирования, 1987. – К: НИИСК. – 68.

APPROACH OF THE SYSTEMS TO DESIGN OF BUILD CONSTRUCTIONS

Summary. The article discusses a systematic approach to the design of structural elements in terms of, for a given probability of their operation. A method of optimal design, intended for a wide class of problems for which the optimal solution lies on the functional boundaries. The study is based on the method of stochastic programming. An example is given to optimize the parameters of multilayer plate.

Key words: build constructions, nonlinear and stochastic programming, optimum decision, functional limitations, limitations on probability.

Wzrost wartości nieruchomości na skutek podziałów nieruchomości i budowy urządzeń infrastruktury technicznej na przykładzie gminy Mielno

Leszek Dawid

Politechnika Koszalińska, WILŚiG, Katedra Geodezji
ul. Śniadeckich 2, 76-453 Koszalin, leszek.dawid@tu.koszalin.pl

Streszczenie. Budowa urządzeń infrastruktury technicznej przez gminę oraz podziały nieruchomości z reguły wpływają na wzrost wartości nieruchomości. Celem niniejszym artykułu jest próba określenia czynników oraz wielkości wartości wzrostu na przykładzie gminy Mielno. Okresem badań objęto lata 2009-2011. W badaniu uwzględniono: położenie, funkcje w MPZP, wyposażenie w urządzenia infrastruktury technicznej, wielkość działki, ilość działek po podziale. Z obszaru badań wyłączono nieruchomości, które w MPZP były położone na terenach przeznaczonych na cele rolne lub leśne.

Słowa kluczowe: wzrost wartości nieruchomości, podział, infrastruktura, gmina.

- położenie nieruchomości,
- stopień wyposażenia w urządzenia infrastruktury technicznej,
- przeznaczenie nieruchomości w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego (MPZP),
- poziom cen rynkowych w otoczeniu nieruchomości,
- poziom cen nieruchomości podobnych,
- wielkość i kształt działki,
- inne.

W niniejszym artykule badając wzrost wartości nieruchomości na skutek podziału nieruchomości i budowy urządzeń infrastruktury technicznej poddano analizie tylko te czynniki, których wpływ można było określić na podstawie pozyskanych danych z urzędu gminy Mielno. W badaniu uwzględniono: położenie, funkcje w MPZP, wyposażenie w urządzenia infrastruktury technicznej, wielkość działki, ilość działek po podziale.

WSTĘP

Wzrost wartości nieruchomości może nastąpić między innymi na skutek podziałów i budowy urządzeń infrastruktury technicznej. Wielkość tego wzrostu może zależeć od wielu czynników. W niniejszym artykule podjęto próbę określenia tych czynników oraz wielkości wartości wzrostu na przykładzie gminy Mielno w latach 2009-2011. Badania dokonano w oparciu o dane uzyskane z urzędu gminy Mielno, mieszczącego się w Mielnie na ul. Chrobrego. Z obszaru badań wyłączono nieruchomości, które w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego (MPZP) były położone na terenach przeznaczonych na cele rolne lub leśne a w przypadku jego braku były wykorzystywane na cele rolne lub leśne.

WZROST WARTOŚCI NIERUCHOMOŚCI

Zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów [9] wzrost wartości nieruchomości określają rzeczoznawcy majątkowi. Występuje wiele czynników które wpływają na wzrost wartości nieruchomości. Do najważniejszych należą:

PODZIAŁ NIERUCHOMOŚCI

Podziały nieruchomości stanowią jeden z najważniejszych przejawów aktywnego gospodarowania nieruchomościami. Mają one na celu między innymi polepszenie warunków gospodarowania gruntami i dostarczenie na rynek nowych terenów pod zabudowę. Podział nieruchomości to zarówno czynności geodezyjne (techniczne) jak i prawne. Celem podziału geodezyjnego (ewidencyjnego) jest powstanie w ramach jednej nieruchomości kilku działek, które z czasem mogą stać się odrębnymi nieruchomościami. Czynności prawne (w pewnym uproszczeniu) polegają na utworzeniu, dla nowo powstałych działek, odrębnych ksiąg wieczystych. W procedurze podziałowej ważną rolę odgrywa gmina, która może też w znacznym stopniu wpływać na dostarczanie terenów pod zabudowę, co często wiąże się ze wzrostem wartości nieruchomości.

Istota podziału nieruchomości polega na wydzieleniu z dotychczas istniejącej jednej działki ewidencyjnej nowo utworzonych dwóch lub więcej działek ewidencyjnych, które następnie mogą być samodzielnym przedmiotem obrotu. Podczas podziału nieruchomości następuje szereg czynności geodezyjnych i administracyjnych. Nowopowstałym działkom należy nadać numery, ustalić powierzchnie ewidencyjną, a także określić stan władania – bez względu na to, czy jest to podział cywilnoprawny przeprowadzony w trybie sądowym, czy w trybie administracyjnym [20,7]. Podziały mogą być dokonywane na wniosek właściciela lub użytkownika wieczystego albo z urzędu, jeżeli wiąże się to z realizacją celów publicznych, a nieruchomość stanowi własność gminy i nie została oddana w użytkowanie wieczyste [1,4,6,21]. Podziały nieruchomości są ściśle normowane przez prawo. Do najważniejszych aktów prawnych w zakresie podziałów nieruchomości należą przede wszystkim ustawa o gospodarce nieruchomościami [17], ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym [19], ustawa Prawo geodezyjne i kartograficzne [15], rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie sposobu i trybu dokonywania podziałów nieruchomości [10], inne.

W ustawie o gospodarce nieruchomościami określono zasady podziałów nieruchomości. Uzależniono w niej pozytywną opinię o wnioskowanym podziale nieruchomości od zgodności tej propozycji z ustaleniami planu miejscowego, zarówno co do przeznaczenia dzielonej nieruchomości, jak też możliwości jej zagospodarowania po podziale. W przypadku braku planu miejscowego, o ile proponowana do podziału nieruchomość jest położona na obszarze wykorzystywanym na inne cele niż rolne i leśne według ustaleń zawartych w katastrze nieruchomości, opinia o wnioskowanym podziale wydawana jest w oparciu o przepisy odrębne, co do zgodności lub ewentualnych kolizji z tymi przepisami, albo w oparciu o warunki określone w decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu [5]. W wyniku podziału nieruchomości może nastąpić wzrost jej wartości, związany z ukształtowaniem nowej, lepszej struktury działek wchodzących w jej skład [3].

BUDOWA INFRASTRUKTURY TECHNICZNEJ

Przez budowę urządzeń infrastruktury technicznej rozumie się budowę drogi oraz wybudowanie pod ziemią, na ziemi albo nad ziemią przewodów lub urządzeń wodociągowych, kanalizacyjnych, ciepłowniczych, elektrycznych, gazowych i telekomunikacyjnych. Powyższa definicja budowy urządzeń infrastruktury technicznej, zawarta jest w art. 143 ust. 2 ustawy o gospodarce nieruchomościami.

Do urządzeń infrastruktury technicznej zalicza się zatem: drogę, przewody lub urządzenia: – wodociągowe, – kanalizacyjne, – ciepłownicze, – elektryczne, – gazowe, – telekomunikacyjne.

Droga zgodnie z ustawą o drogach publicznych [14], jest budowlą wraz z drogowymi obiektami inżynierskimi, urządzeniami oraz instalacjami, stanowiąca całość techniczną użytkową, przeznaczoną do prowadzenia ruchu drogowego, zlokalizowanego w pasie drogowym. Budowa drogi to wyko-

nywanie połączenia drogowego między określonymi miejscami lub miejscowościami, a także jego odbudowa i rozbudowa. Urządzenia elektryczne, gazowe i ciepłownicze zdefiniowane są w ustawie Prawo energetyczne [16]. Poszczególne rodzaje urządzeń zdefiniowane są w rozporządzeniach wykonawczych do ustawy Prawo energetyczne, którymi są:

- Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego [12],
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej w sprawie szczegółowych warunków przyłączenia podmiotów do sieci gazowych, ruchu i eksploatacji tych sieci [8],
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemów ciepłowniczych [11].

Ustawa Prawo energetyczne [16] wprowadziła m.in. definicje: urządzeń, instalacji, sieci energetycznych, zasady udostępnienia nieruchomości (art.7), inne. Definicje urządzeń i przyłączy wodociągowych i kanalizacyjnych znajdują się w ustawie o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzeniu ścieków [18]. Urządzenia kanalizacyjne są to sieci kanalizacyjne, wyloty urządzeń kanalizacyjnych służących do wprowadzania ścieków do wód lub do ziemi oraz urządzenia podczyszczające i oczyszczające ścieki oraz przepompownie ścieków. Urządzenia wodociągowe to ujęcia wód powierzchniowych i podziemnych, studnie głębinowe, urządzenia służące do magazynowania i uzdatniania wód, sieci wodociągowe regulujące ciśnienie wody. Sieć wodociągowo-kanalizacyjna to wg ustawy, przewody wodociągowe lub kanalizacyjne wraz z uzbrojeniem i urządzeniami, którymi dostarczana jest woda lub którymi odprowadzane są ścieki, będące w posiadaniu przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjnego. W ustawie zdefiniowano także wykorzystywane przez rzeczoznawców majątkowych do określania wartości nieruchomości pojęcia przyłączy. Przyłącze kanalizacyjne to odcinek przewodu łączącego wewnętrzną instalację kanalizacyjną w nieruchomości odbiorcy usług z siecią kanalizacyjną, za pierwszą studzienką, licząc od strony budynku, a w przypadku jej braku do granicy nieruchomości gruntowej. Przyłącze wodociągowe to odcinek przewodu łączącego sieć wodociągową z wewnętrzną instalacją wodociągową w nieruchomości odbiorcy usług wraz z zaworem za wodomierzem głównym.

Wartość nieruchomości przed wybudowaniem urządzeń infrastruktury technicznej i po ich wybudowaniu określana jest według stanu nieruchomości przed i po wybudowaniu tych urządzeń oraz cen na dzień wydania decyzji o ustaleniu opłaty adiacenckiej [2]. Najczęściej jest to data protokołu odbioru technicznego urządzenia infrastruktury technicznej lub protokołu przekazania wybudowanej drogi.

Przy określaniu wartości nieruchomości przed wybudowaniem urządzeń infrastruktury technicznej i po ich wybudowaniu nie należy uwzględniać wartości części składowych tej nieruchomości [9]. Przy określaniu wartości nieruchomości po wybudowaniu urządzeń infrastruktury technicznej brana jest pod uwagę odległość nieruchomości od urządzeń infrastruktury technicznej oraz warunki podłączenia nieruchomości do tych urządzeń [13].

OBSZAR BADAŃ I METODY BADAWCZE

Przedmiotem badań jest teren obejmujący gminę wiejską Mielno położoną w północno-zachodniej części województwa zachodniopomorskiego, w powiecie koszalińskim. Gmina położona jest na Wybrzeżu Słowińskim, nad Morzem Bałtyckim. Gmina graniczy: od północy z Morzem Bałtyckim od wschodu i południa – z gminą Będzino, od zachodu z gminami Darłowo, Sianów i Koszalin, co przedstawiono na rysunku 1. Siedzibą gminy jest miejscowość



Rys. 1. Położenie gminy Mielno

Fig. 1. Location of Mielno commune

[Źródło: http://pl.wikipedia.org/wiki/Gmina_Mielno]

[Source: http://pl.wikipedia.org/wiki/Gmina_Mielno]

Mielno. Gmina zajmuje obszar 62,13 km² – w tym 2424 ha to jezioro Jamno, 2328 ha stanowią tereny rolnicze, 618 ha lasy i 884 ha tereny zabudowane. Zamieszkuje ją ok. 5100 mieszkańców (stan na koniec 2011 r.) w 13 miejscowościach rozlokowanych stosunkowo równomiernie na obszarze całej gminy. Są to Chłopy, Gąski, Łazy, Mielenko, Mielno Barnowo, Sarbinowo Komorniki, Niegoszcz, Paprotno, Pękalin, Radzichowo, Unieście.

Dochody gminy Mielno w 2011 r. to ponad 34 mln zł z czego gospodarka mieszkaniowa stanowi około 17% dochodu całego budżetu. Na tle powiatu koszalińskiego w 2011 r. gmina Mielno zajmowała pierwsze miejsce, jeżeli chodzi o dochody własne i pozyskiwanie środków unijnych na finansowanie i współfinansowanie projektów gospodarczych w tym sieci wodociągowych i kanalizacyjnych.

W badaniu zastosowano technikę analizy ilościowej i jakościowej dokumentów. Polega ona na pozyskiwaniu danych z różnych materiałów źródłowych o charakterze sformalizowanym. Służy do analizy ilościowej i jakościowej. W rozpatrywanym przypadku materiałami źródłowymi były głównie decyzje wydane przez Wójta Gminy Mielno o naliczaniu opłat adiacenckich.

WZROST WARTOŚCI NIERUCHOMOŚCI NA SKUTEK PODZIAŁÓW NIERUCHOMOŚCI

W urzędzie gminy Mielno uzyskano następujące informacje dotyczące podziałów nieruchomości w latach 2009-2011: ilość podziałów, miejscowość, nr działki, powierzchnia działki, wartość nieruchomości przed i po podziale, ilość działek powstałych po podziale, datę wy-

ceny, cel podziału. W analizowanym okresie dokonano w gminie Mielno 31 podziałów nieruchomości. Najwięcej było w 2009r. -13, najmniej w 2011r. -8, co przedstawiono w tabeli nr 1. Średni wzrost wartości nieruchomości 1m² po podziale zawierał się w przedziale 5,38(2009r.)-7,26(2011r.) zł i wykazywał tendencję rosnącą. Największy wzrost wartości nieruchomości odnotowano w miejscowości Sarbinowo w 2010r. na działce o powierzchni 0,15 ha, wzrost wartości 1m² wyniósł ok. 10 zł., najmniejszy w 2009r. w miejscowości również Sarbinowo przy podziale nieruchomości 0,6 ha, wyniósł ok. 50 groszy za 1m². W latach 2009-2011, biorąc pod uwagę poszczególne miejscowości w analizowanej gminie, największy średni wzrost wartości nieruchomości wystąpił w miejscowości Mielno – ok. 8,90 zł za 1m², najmniejszy w miejscowości Unieście – ok. 90 groszy za 1m². W analizowanym okresie średnią cenę za 1m² przed podziałem przedstawiono w tabeli nr 2. Najwyższa była w miejscowości Mielno i wynosiła około 160 zł/m², nieco niższa w Unieściu około 156 zł/m², następnie w Sarbinowie 96 zł/m², Chłopach 89 zł/m², Mielenku 79 zł/m² i najniższa w miejscowości Gąski około-75zł/m².

Tabela 1. Ilość podziałów w gminie Mielno w latach 2009-2011

Table 1. Number of divisions in Mielno commune in years 2009-2011

Rok	Ilość podziałów	Wzrost wartości nieruchomości po podziale – 1m ²
2009	13	5,38 zł
2010	10	7,09 zł
2011	8	7,26 zł
2009-2011	31	6,58 zł

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych z gminy Mielno.

Source: the author's own study based on data received from the Mielno commune's office.

Tabela 2. Średnia wartości 1m² (w zł) nieruchomości przed podziałem w poszczególnych miejscowościach gminy Mielno w latach 2009-2011

Table 2. Average value of 1m² (in zł) of property before the division in particular villages of Mielno commune in years 2009-2011.

Miejscowość	Średnia cena za 1m ² przed wzrostem wartości (zł)
Mielno	159,76
Unieście	155,90
Sarbinowo	95,85
Chłopy	88,65
Mielenko	79,19
Gąski	75,05

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych z gminy Mielno.

Source: the author's own study based on data received from the Mielno commune's office.

Kolejnym czynnikiem który wzięto pod uwagę było położenie nieruchomości i ilość podziałów w danej miejscowości, co przedstawiono w tabeli nr 3. Analizując wpływ położenia

można stwierdzić, że najwięcej podziałów przeprowadzono w sołectwie Sarbinowo-11 oraz w miejscowości Gąski-8, kolejne to Mielno-6, Mielno-3, Chłopy-3, Unieście-1. Miejscowość Sarbinowo liczy prawie 600. mieszkańców, co stanowi ok. 12% ludności gminy. Sołectwo to wyposażone jest w dobrą infrastrukturę techniczną, co skutkuje rozwojem budownictwa jednorodzinnego oraz domów wczasowych. Podobną lokalizacją charakteryzują się miejscowości Gąski i Mielno. Podziały nieruchomości w analizowanym okresie, odbywały się co roku w czterech miejscowościach tj. w Sarbinowie, Gąskach, Mielniku i Mielnie. Średni wzrost cen 1m² po podziale w analizowanym okresie w Chłopach wyniósł 7,64 zł, w Sarbinowie wyniósł 7,29 zł, w Mielniku 6,85 zł, w Mielnie 6,76 zł, w Gąskach 5,98 zł, w Unieściu 0,94 zł. Są to wartości dosyć zbliżone oprócz Unieścia, gdzie był to jednak podział jednostkowy w całym okresie badawczym i dotyczył działki 1,2 ha, którą podzielono tylko na dwie stonkowo duże działki. Zdaniem autora nie jest to podział reprezentatywny dla tej miejscowości, dlatego nie można na jego podstawie wnioskować o wzroście wartości nieruchomości na skutek podziału w Unieściu. W porównaniu do średniej, która wynosiła w latach 2009-2011 w całej gminie około 6.60 zł/m², wzrost wartości nieruchomości w poszczególnych miejscowościach, gdzie odnotowano podziały są nieznacznie wyższe, oprócz miejscowości Gąski. W Gąskach niższy wzrost wartości nieruchomości niż w pozostałych analizowanych miejscowościach, można uzasadnić tym, iż Gąski są znacznie mniej oblegane przez turystów, dlatego nieruchomości znajdujące się na tym terenie są mniej atrakcyjne dla potencjalnych inwestorów, w związku z tym mają niższą wartość. W większości przypadków w latach 2009-2011, dzielono działki do 1 ha – około 85% takich przypadków, w pozostałych 1-3ha. Po analizie zebranych informacji można stwierdzić, że średnia wartość wzrostu wartości nieruchomości w gminie Mielno zależy w dużym stopniu od jej lokalizacji. Im nieruchomość położona jest bliżej morza i miejscowości turystycznej Mielno, tym jej wartość jest wyższa a tym samym wzrost wartości nieruchomości jest również wyższy.

Tabela 3. Ilość podziałów oraz średni wzrost wartości 1m² po podziale nieruchomości w miejscowościach gminy Mielno w latach 2009-2011

Table 3. Number of divisions and average increase of 1m² value after the division of the real estate in villages of Mielno commune in years 2009-2011.

Miejscowość\Rok	Ilość nieruchomości/Średnia zmiana ceny 1m ² (zł)		
	2009	2010	2011
Chłopy	1/8,96	1/6,32	0
Gąski	3/3,42	3/7,07	2/7,46
Mielno	2/4,85	2/7,11	2/8,59
Mielno	1/8,89	1/7,20	1/4,20
Sarbinowo	5/5,28	3/7,78	3/8,82
Unieście	1/0,93	0	0

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych z gminy Mielno.

Source: the author's own study based on data received from the Mielno commune's office.

Analizując wzrost wartości nieruchomości związany z ilością podziałów, można zauważyć, że w latach 2009-2011, najczęściej dzielono nieruchomość na 2 działki (11 takich przypadków), następnie na 3 i 5 działek (po 4 przypadki). Zdarzały się również podziały na 20 działek (2 przypadki) czy 29 działek (1 przypadek). Trudno zauważyć zależność liczby działek po podziale na wzrost wartości 1m². Można zauważyć jedynie zależność, iż właściciele najchętniej dzielili nieruchomość na działki od 700-3000m². Wynikało to prawdopodobnie z zapotrzebowania rynku na takie powierzchnie. Potencjalni nabywcy w większości przypadków preferowali zakup działki w tym właśnie zakresie powierzchni, dlatego zależność liczby działek można jedynie powiązać z zapotrzebowaniem na konkretny przedział wielkości dzielonej nieruchomości. Na przykład nieruchomości ponad 2,5ha (Sarbinowo) dzielono na 29 działek, czy na 20 działek nieruchomości o powierzchni 1,7ha (Sarbinowo).

WZROST WARTOŚCI NIERUCHOMOŚCI NA SKUTEK BUDOWY URZĄDZEŃ INFRASTRUKTURY TECHNICZNEJ

W analizowanym okresie na terenie gminy Mielno wydano 186 decyzji dotyczących wzrostu wartości nieruchomości na skutek budowy infrastruktury technicznej co przedstawiono w tabeli nr 4. W roku 2009 nie wydano żadnej decyzji, w 2010 r. – 66 decyzji, w 2011 – 120 decyzji. Wzrost wartości nieruchomości w latach 2010 i 2011 dotyczył budowy sieci wodociągowej i sieci kanalizacyjnej w miejscowościach Łazy, Unieście i Gąski. Ilość wydanych decyzji w tych trzech miejscowościach jest porównywalna, gdyż w Łazach wydano 66 decyzji, w Unieściu 65 decyzji, w Gąskach 55 decyzji. Średni wzrost wartości 1m² w analizowanym okresie wyniósł około 14,25 zł, najwyższy był w miejscowości Unieście-15,98zł, trochę niższy w Łazach 14,58 zł, najniższy w Gąskach 11,81 zł. Średni wzrost wartości nieruchomości na skutek budowy infrastruktury technicznej zależał głównie zdaniem autora od położenia miejscowości w stosunku do miejscowości Mielno oraz od atrakcyjności turystycznej miejscowości. Unieście najbliższe położone Mielna uzyskało najwyższy wzrost wartości, Gąski położone najdalej najniższy wzrost wartości. Gąski to najmniej znana i oblegana przez turystów miejscowość spośród analizowanych czyli Unieścia i miejscowości Łazy. Innym czynnikiem, który miał wpływ na wzrost wartości 1m² była wielkość działek. W miejscowości Unieście w 100% wielkość nieruchomości, których wartość wzrosła na skutek budowy infrastruktury najbardziej spośród analizowanych miejscowości, nie była większa niż 1000m². W przypadku miejscowości Łazy działki były bardziej zróżnicowane. Działek do 1000 m² było około 65%. Pozostałe zawierały się w przedziale od 1000-29000m². Było kilka bardzo dużych działek, które w znacznym stopniu obniżały wzrost wartości w stosunku do średniej (14,58 zł) nawet o kilkanaście zł np. działki nr: 57/12 (2,85 ha wzrost 1m² -4,34zł); 684 (2,16 ha wzrost 1m² -4,32 zł); 69 (1,03 ha wzrost 1m² -4,38 zł). Podobna sytuacja wystąpiła w miejscowości Gąski.

Tabela 4. Ilość wydanych decyzji w poszczególnych miejscowościach na skutek budowy urządzeń infrastruktury technicznej w gminie Mielno w latach 2010-2011 a średni wzrost wartości 1m² (zł)

Table 4. Number of decisions in particular villages made as a result of construction of technical infrastructure in Mielno commune in years 2010-2011 and average increase of 1m² value (zł)

Rok	Ilość decyzji	Miejscowość	Wzrost wartości nieruchomości 1m ² (zł)
2010	66	Łazy	14,58
2011	65-55	Unieście-Gąski	15,98-11,81
2010-2011	186	Łazy, Unieście, Gąski	14,25

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych z gminy Mielno.

Source: the author's own study based on data received from the Mielno commune's office.

Najwyższa średnia cena 1m² przed budową sieci wodociągowej i kanalizacyjnej była w Łazach i wynosiła ok. 224,91 zł, następnie w Unieściu 200,09 zł i najniższa w Gąskach ok. 157,30 zł. Biorąc pod uwagę wielkość wycenianych działek, można stwierdzić, że ceny 1m² wycenianych nieruchomości w Unieściu i Łazach byłyby zbliżone, gdyby analizować działki tylko do 1000m². W Gąskach wartość 1m² nieruchomości jest niższa o prawie o 50 zł niż w Unieściu i o 70 zł niż w Łazach.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

- 1) W analizowanym okresie w gminie Mielno wystąpił wzrost wartości nieruchomości na skutek podziałów i budowy infrastruktury technicznej.
- 2) Średni wzrost wartości nieruchomości 1m² na skutek podziałów nieruchomości w latach 2009-2011 wyniósł 6,58 zł, a na skutek budowy infrastruktury technicznej był wyższy ponad dwukrotnie i wynosił 14,25 zł.
- 3) Średni wzrost wartości nieruchomości 1m² na skutek podziałów nieruchomości zależał przede wszystkim od:
 - a) powierzchni nieruchomości – im mniejsza działka tym średni wzrost wyższy;
 - b) najwyższy średni wzrost wartości nieruchomości w większości przypadków dotyczył podziału nieruchomości na działki o powierzchni od 1000-3000m²;
 - c) położenia nieruchomości. Najwięcej podziałów przeprowadzono w Sarbinowie-11 oraz w miejscowości Gąski-8. W tych miejscowościach prawdopodobnie były jeszcze nieruchomości, które można było przeznaczyć pod budownictwo. Na przykład w Sarbinowie dzielono stosunkowo duże powierzchnie: 9,0 ha (działka nr 390/10,20,12-15), 8,6 ha (działka nr 321/19) czy 6,0 ha (działka nr 252/21).
- 4) W analizowanym okresie na terenie gminy Mielno wydano 186 decyzji dotyczących wzrostu wartości nieruchomości na skutek budowy infrastruktury w tym: w Łazach 66 decyzji, w Unieściu 65, w Gąskach 55.
- 5) Najwyższy wzrost wartości nieruchomości na skutek budowy urządzeń infrastruktury technicznej odnoto-

wano w miejscowości Unieście-15,98 zł, trochę niższy w Łazach 14,58 zł, najniższy w Gąskach 11,81 zł.

- 6) Zależał on przede wszystkim od lokalizacji oraz wielkości działek. Mniejszy wzrost wystąpił na nieruchomościach powyżej 1000m².
- 7) W przypadku wzrostu wartości nieruchomości zarówno na skutek podziałów nieruchomości jak i budowy infrastruktury technicznej, można stwierdzić, że wzrost zależał w największym stopniu od położenia i wielkości działki. Im miejscowość bardziej atrakcyjna turystycznie i położona bliżej Mielna tym wzrost większy.

LITERATURA

1. **Bojar Z., 2008:** Podziały nieruchomości. Komentarz, wyd. Gall s.c, Katowice.
2. **Cymerman R., Jesiotr G., Jesiotr M., 2008a:** Gospodarka nieruchomościami, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin.
3. **Cymerman R., Kowalczyk C., Telega T., 2008b:** Opłaty adiacenckie, wyd. EDUCATERRA, Olsztyn.
4. **Durzyńska M., 2009:** Rozgraniczenie i podział nieruchomości, wyd. 1, LexisNexis, Warszawa.
5. **Dydenko J., 2008:** Gospodarka nieruchomościami. Zbiór przepisów, wyd. Oficyna, Warszawa.
6. **Kisilowska H., 2004:** Nieruchomości. Zagadnienia prawne, wyd. LexisNexis, Warszawa.
7. **Kopyra J., 2008:** Podziały nieruchomości gruntowej na podstawie ustawy o gospodarce nieruchomościami, wyd. C.H. BECK, Warszawa.
8. Rozporządzenie 2004a Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 06.04.2004 r. sprawie szczegółowych warunków przyłączenia podmiotów do sieci gazowych, ruchu i eksploatacji tych sieci (Dz.U. z 2004 r., nr 105, poz. 1113).
9. Rozporządzenie 2004b Rady Ministrów z dnia 21 września 2004 r. w sprawie wyceny nieruchomości i sporządzania operatu szacunkowego (Dz.U. z 2004 nr 207 poz. 2109 z późn. zm.).
10. Rozporządzenie 2004c Rady Ministrów z dnia 7 grudnia 2004 r. w sprawie sposobu i trybu dokonywania podziałów nieruchomości (Dz.U. z 2004 nr 268 poz. 2663 z późn. zm.).
11. Rozporządzenie 2007a Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 15.01.2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemów ciepłowniczych (Dz.U. z 2007 r., nr 16, poz. 92).
12. Rozporządzenie 2007b Ministra Gospodarki z dnia 04.05.2007 w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (Dz.U. z 2007 r., nr 93, poz. 623).
13. Szacowanie nieruchomości 2006: pod redakcją J. Dydenko, Dom Wydawniczy ABC, Warszawa.
14. Ustawa 1985 o drogach publicznych z dnia 21.03.1985 (Dz.U. z 2007 r. nr 19, poz. 115, z późn. zm.).
15. Ustawa 1989 – Prawo geodezyjne i kartograficzne z dnia 17 maja 1989 r. (Dz.U. z 2010r. Nr 193 poz. 1287).

16. Ustawa 1997a Prawo energetyczne z dnia 10.04.1997 (Dz.U. z 2006 r., nr 89, poz. 625 z późn. zm.).
17. Ustawa 1997b z dnia 21 sierpnia 1997r. o gospodarce nieruchomościami (Dz.U. z 2004 r. nr 261, poz. 2603 z późn. zm.).
18. Ustawa 2001 z dnia 07.06.2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzeniu ścieków (Dz.U. z 2001 r., nr 72, poz. 747).
19. Ustawa 2003 z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U. Nr 80, poz. 717 z późn. zm.).
20. **Wierzbowski B., 2008:** Gospodarka nieruchomościami, wyd. LexisNexis, Warszawa.
21. **Źróbek R., Źróbek S., Kuryj J., 2006:** Gospodarka nieruchomościami z komentarzem do wybranych procedur, wyd. Gall, Katowice.
<http://mielno.ug.gov.pl> 01.09.2013.
http://pl.wikipedia.org/Wiki/Gmina_Mielno 01.09.2013.

THE COMMUNE OF MIELNO AS A CASE
STUDY OF THE INCREASE OF REAL ESTATE
VALUE DUE TO DIVISIONS OF REAL ESTATE
AND CONSTRUCTION OF THE INFRASTRUCTURE

Summary. Construction of technical infrastructure and divisions of real estate as a rule have impact on the increase of real estate value. The aim of this article is to attempt at determining factors and a size of the increase basing on an example of Mielno commune. Research concerned years 2009-11. The author takes into account: location, functions in local master plan, standard of technical infrastructure, property size, number of properties after division. The research area do not contain properties that in local master plan were located on grounds destined to agricultural or forest purposes.

Key words: the increase of property value, construction of the infrastructure, division of real estate, the commune.

Стойкость базальтового волокна в карбонатных дисперсно-армированных бетонах

Сергей Федоркин, Эмиль Когай

Национальная академия природоохранного и курортного строительства,
95493, г. Симферополь, ул. Киевская, 181, email: kogay_emil@mail.ru

Аннотация. Исследована стойкость базальтовых волокон в дисперсно-армированном мелкозернистом бетоне на карбонатных заполнителях в щелочной среде гидратирующегося портландцемента.

Ключевые слова: базальтовое волокно, рН – среда водной вытяжки карбонатного бетона, кипячение, прочность, мелкозернистый карбонатный бетон.

ВВЕДЕНИЕ

Дисперсное армирование мелкозернистых бетонов волокнами существенно повышает его удельную прочность, в особенности на растяжение и изгиб, трещиностойкость, стойкость к ударным и вибрационным воздействиям сопротивлению истиранию и т.п. Это позволяет изготавливать тонкостенные конструкции без стержневой или сетчатой арматуры, снизить трудоемкость на арматурные работы, и повысить степень механизации и автоматизации производства армированных конструкций, а также использовать более производительные приёмы формования конструкций, например, пневмонабрызг, роликное формование и др.[2].

На юге Украины при строительстве зданий и сооружений широко используются стеновые материалы из известняков. При добыче известняковых блоков и камня образуется значительное количество мелкодисперсных отходов. Наиболее эффективным способом утилизации этих отходов является их использование в бетонах различного назначения, в том числе в мелкозернистых бетонах, дисперсно-армированных базальтовым волокном.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Целью настоящей статьи является исследования стойкости базальтовых волокон в дисперсно-армированных карбонатных бетонах.

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Использование базальтовых волокон в бетонах с цементным вяжущим во многом зависит от их стойкости к действию продуктов гидратации цемента, а именно $\text{Ca}(\text{OH})_2$. В результате гидролиза и гидратации клинкерных минералов при твердении портландцемента жидкая фаза обогащается гидроксидом кальция и через 6-7 дней достигает максимума, $\text{pH}=13$. Но высокая щелочность объясняется не только наличием насыщенного раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$, но и присутствием щелочей, часть из которых остаются в жидкой фазе в виде гидросиликатов или сульфатов, другая часть образует комплексные соединения с гидросиликатами [1, 4]. Химическую стойкость волокон многие исследователи оценивают по потере массы при обработке их в различных средах (вода, кислород, щелочь), а также по изменению предела прочности при растяжении и изменению химического состава раствора. Г.Лавранс [3] рекомендует, для определения стойкости различных материалов в среде твердеющего цемента, брать вытяжку раствора цементной пасты перед началом твердения. Исследования стойкости минеральных волокон в растворе $\text{Ca}(\text{OH})_2$ группой ученых во главе с Робиновичем Ф.Н. говорят о достаточно высокой степени разрушения волокон в агрессивной среде. К примеру алюмоборсиликатное моноволокно выдержанное в течении 12 месяцев в насыщенном растворе извести потеряло по их данным 72% своей исходной прочности. Однако исследователи отмечают довольно высокую стойкость базальтового волокна, прочность которого после выдержки в аналогичных условиях уменьшились лишь на 26-32% [8]. Авторы также отмечают тенденцию к затуханию процессов реакций базальтовых волокон с CaO во времени. Наиболее интенсивно процессы выщелачивания наблюдаются в течение первых трех месяцев.

Группа авторов во главе с Пашенко А.А, в своих работах, также посвященных исследованиям стойкости

минеральных волокон, утверждают о более высокой стойкости базальтовых волокон в агрессивных средах цементного камня и насыщенного раствора извести. Так, к примеру, после трехлетних испытаний базальтового волокна прочность его уменьшалась лишь на 12-15% [6].

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили на образцах - балочках 40x40x160мм, изготовленных из сырьевой смеси, содержащей 1 часть по массе портландцемента марки М500 и 3 части мраморовидного известняка крупностью 0 - 5мм. Сырьевую смесь готовили в скоростном смесителе-активаторе Р1-00-00. В/Ц раствора составляло 0,5. Содержание базальтового волокна РБР-18-Т10, длиной 12мм составляло 0,3; 0,6; 0,9% от массы смеси. Для сравнения были изготовлены образцы бетона без армирования базальтовым волокном, образцы с дисперсным армированием волокнами, не подвергнутыми кипячению и образцы с дисперсным армированием волокнами, подвергнутыми кипячению. Образцы испытывали на прочность в возрасте 3, 7 и 28 сут.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

На первом этапе исследований нами изучена временная зависимость рН мелкозернистых карбонатных бетонов в течении 28 суток. Полученные результаты приведены в табл.1.

Как видно из табл.1. максимальное значение рН водной вытяжки карбонатного бетона находится в пределах 12,77-13,03, достигая максимальных значений 12,91-13,03 на 7сутки твердения. Химическая стойкость базальтовых волокон в карбонатных бетонах нами определялась путем их кипячения в течении 4 часов в водной вытяжке из бетона с рН=13 по методике [7]. Следует отметить, что по исследованиям А.А.Пашенко, кипячение волокна в течении 4часов в растворе извести эквивалентно 10 годам нахождения его в цементном бетоне.

Ранее И.В. Боровских [2] установлено, что поглощение СаО из насыщенного раствора извести непрерывным базальтовым волокном составляет 0,18кг/м², что говорит о его химическом взаимодействии с продуктами гидратации портландцемента. На рис. 1 приведена микрофотография базальтового волокна РБР-18-Т10/12, подвергнутого кипячению в водной вытяжке.

Рис. 1.(б) свидетельствует о появлении локальных новообразований на поверхности базальтового волокна после кипячения в водной вытяжке карбонатного бетона. Подсчет длины новообразований по длине волокна, выполненный с помощью микроскопа показал, что их количество не превышает 13,6%. По данным исследованиям И.В. Боровских [2] были проведены прямые испытания прочности базальтовых волокон на разрыв до кипячения в насыщенном растворе Са(ОН)₂ и после кипячения. При этом прочность волокон подвергнутых кипячению снизилась на 8%.

Рис. 1.(б) свидетельствует о появлении локальных новообразований на поверхности базальтового волокна после кипячения в водной вытяжке карбонатного бетона. Подсчет длины новообразований по длине волокна, выполненный с помощью микроскопа показал, что их количество не превышает 13,6%. По данным исследованиям И.В. Боровских [2] были проведены прямые испытания прочности базальтовых волокон на разрыв до кипячения в насыщенном растворе Са(ОН)₂ и после кипячения. При этом прочность волокон подвергнутых кипячению снизилась на 8%.

В результате испытаний установлено, что прочность на растяжение при разрыве жгутов из базальтовых волокон, не подвергнутых кипячению составляет 20,1МПа, а прочность жгутов из базальтовых волокон, подвергнутых кипячению, равно 18,1МПа, т.е. снижение прочности, составляет 9,9%. Полученные результаты свидетельствуют о высокой стойкости базальтовых волокон в щелочной среде карбонатных цементных бетонов. Представляет интерес изучение влияния базальтовых волокон, подвергнутых кипячению, на прочность дисперсно-армированных мелкозернистых карбонатных бетонов.

Таблица 1. Зависимость рН водной вытяжки карбонатного бетона от времени твердения

Table 1. The dependence of the pH of the aqueous extract of carbonate concrete of curing time

№ п/п	Состав карбонатного бетона	рН бетонной смеси	Время твердения, сут.			
			1	3	7	28
1	Портландцемент -25% Мраморовидный известняк - 75%	12,68	12,83	12,85	13,03	12,92
2	Портландцемент -25% Нуммулитовый известняк - 75	12,67	12,77	12,88	12,98	12,87
3	Портландцемент -25% Известняк-ракушечник - 75	12,70	12,78	12,94	12,91	12,91

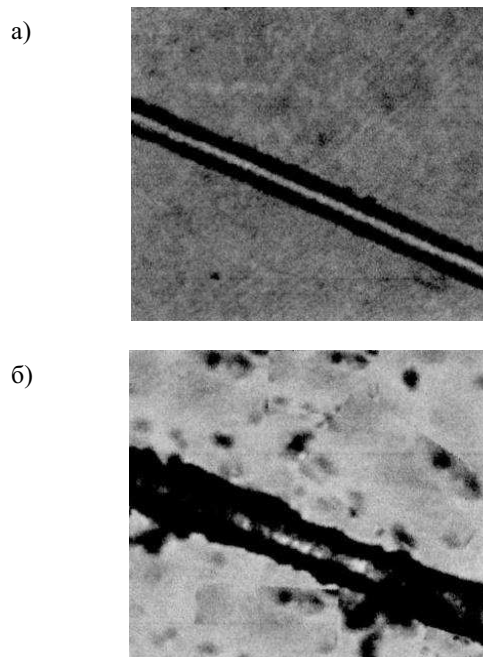


Рис. 1. Внешний вид базальтового волокна (x1000) до кипячения – (а) и после кипячения в водной вытяжке – (б)

Fig. 1. The appearance of basalt fiber (x1000) to boiling – (a) and after boiling in water extract – (b)

Реализация поставленной задачи осуществлялась методами математического планирования эксперимента с использованием 3-х факторного ортогонального композиционного плана второго порядка. Для сравнения влияния базальтового волокна на свойства мелкозернистого бетона, был реализован аналогичный план с разным процентным содержанием базальтового волокна. Проверка адекватности модели выполнялась по F-критерию Фишера.

Стандартная методика обработки рототабельного плана позволила вывести уравнения регрессии, описывающие аналитическую функцию изменения технологических параметров от исследуемых факторов. Результаты определения прочности образцов на растяжение при раскалывании и прочности при сжатии приведены в табл.2.

В соответствии с матрицей планирования проведен ряд экспериментов, по результатам которых были составлены уравнения регрессии.

Прочность образцов Рж. исходного волокна МПа

$$Z1=35;65+1;42*x-7;14*x^2+1;39*y-11;79*y^2+2;775*x*y+0;$$

Прочность образцов Рж. с волокном подвергнутым кипячению, МПа

$$Z2=32;65+1;51*x-6;52*x^2+1;49*y-11;*y^2+2;53*x*y+0,$$

Прочность образцов на растяжение при раскалывании исходного волокна МПа

$$Z3=8;65+;806*x-1;66*x^2+;13*y-3;16*y^2+;65*x*y+0.$$

Прочность образцов на растяжении при раскалывании с волокном подвергнутым кипячению, МПа

$$Z4=8;1+;83*x-1;6*x^2+;221*y-3;05*y^2+;6*x*y+0.$$

Представленное уравнение регрессии позволяет количественно оценить влияние варьирования каждого из изученных технологических факторов (прочность на сжатие, количество фибры и время твердения) на физико-механические свойства дисперсно-армированных образцов.

Графическая обработка полученных математических полиномов позволила получить трехмерные поверхности отклика (рис. 2-5), отображающие области оптимальных условий получения дисперсно-армированных образцов.

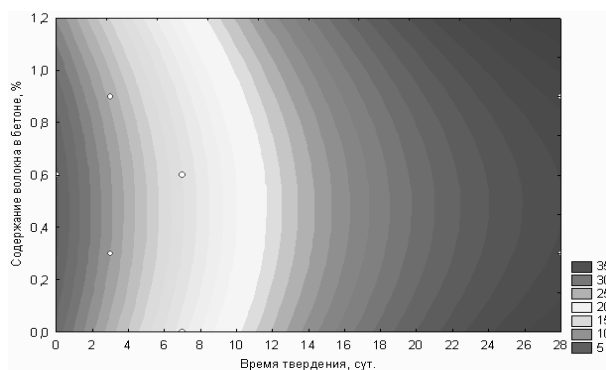
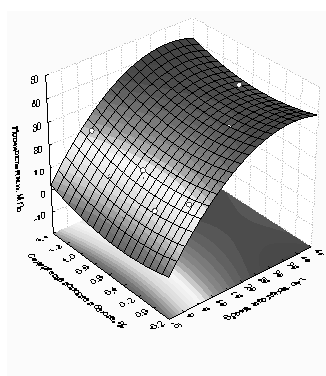


Рис. 2. Прочность на сжатие образцов армированных исходным базальтовым волокном

Fig. 2. Compressive strength of samples reinforced source basalt fiber

Таблица 2. Влияние кипячения волокна в водной вытяжке карбонатного бетона на прочностные характеристики образцов
Table 2. The influence of fiber in boiling water extract of carbonate on the strength of concrete characteristics of the samples

Прочностные характеристики	Содержании базальтового волокна в бетоне %																				
	0			0,3%						0,6%						0,9%					
	Время твердения, сут.			Время твердения, сут.						Время твердения, сут.						Время твердения, сут.					
	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28			
			$\sigma_{и}$	$\sigma_{к}$	$\sigma_{и}$	$\sigma_{к}$	$\sigma_{и}$	$\sigma_{к}$	$\sigma_{и}$	$\sigma_{к}$	$\sigma_{и}$	$\sigma_{к}$	$\sigma_{и}$	$\sigma_{к}$	$\sigma_{и}$	$\sigma_{к}$	$\sigma_{и}$	$\sigma_{к}$			
Предел прочности при сжатии, МПа	10,2	17,8	30,2	10,8	9,9	19	17,4	32,8	30,3	10,9	10	19,1	17,5	33,0	30,4	11,1	10,1	19,5	18,0	33,7	31,3
Предел прочности на растяжение при раскалывании, МПа	2,1	3,4	5,6	2,2	2,1	3,7	3,4	7,8	7,3	2,3	2,2	3,8	3,5	8,4	7,7	2,6	2,4	4,0	3,9	9,8	9,2

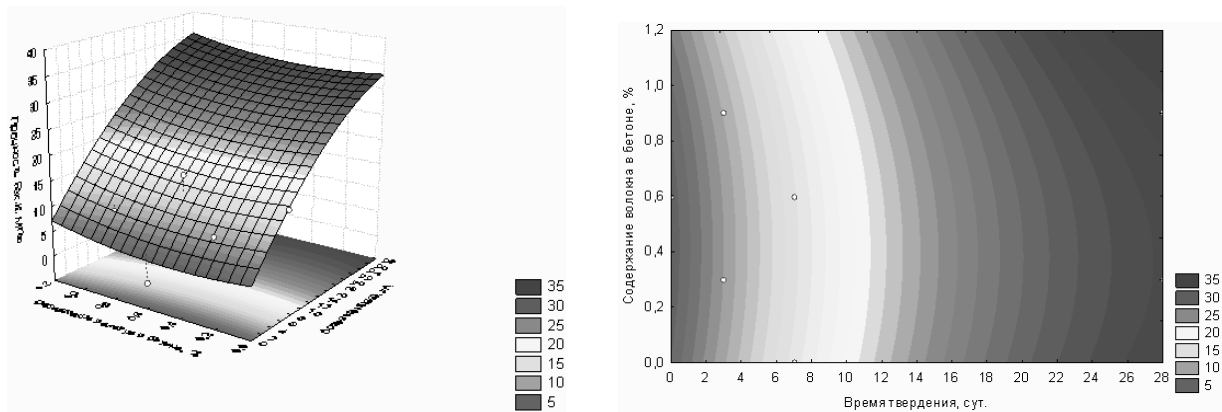


Рис. 3. Прочность на сжатие образцов армированных базальтовым волокном после кипячения

Fig. 3. Compressive strength of samples reinforced basalt fiber after boiling

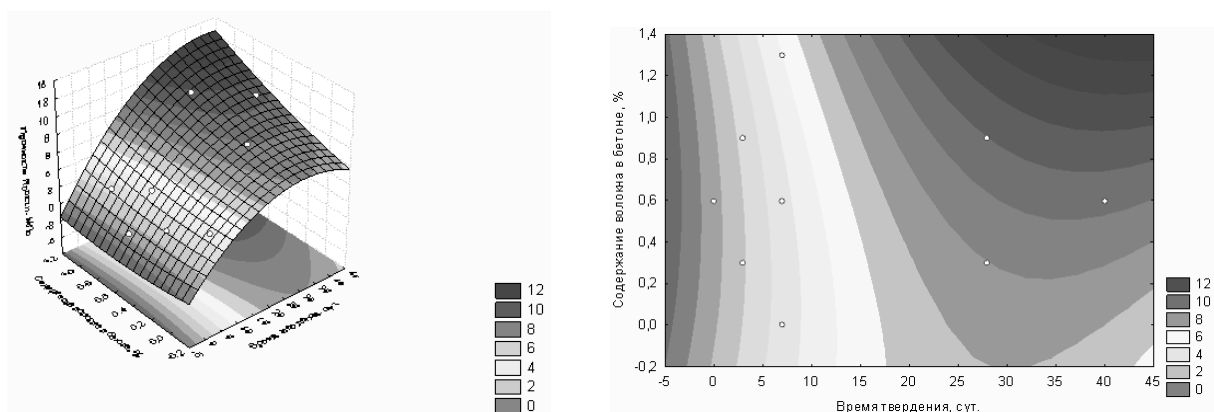


Рис. 4. Прочность на растяжение при раскалывании образцов армированных исходным базальтовым волокном

Fig. 4. Tensile strength at the splitting of the samples reinforced source basalt fiber

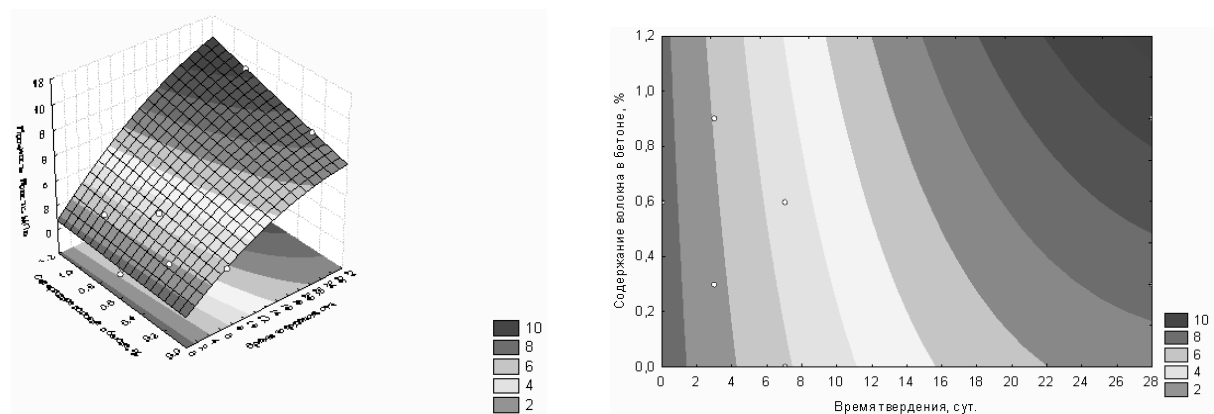


Рис. 5. Прочность на растяжение при раскалывании образцов армированных базальтовым волокном после кипячения

Fig. 5. Tensile strength at the splitting of the samples reinforced basalt fiber after boiling

ВЫВОДЫ

1. Исследования показали, что ввод в состав мелкозернистого карбонатного бетона базальтового волокна, позволяет увеличить показатели прочности как на ранних, так и на поздних стадиях твердения.
2. Проанализировав полученные поверхности отклика можно с уверенностью сказать, что с увеличением процентного содержания высокомодульного базальтового волокна, прочность образцов растет.
3. Анализируя результаты зависимости прочности образцов карбонатного дисперсно-армированного бетона можно сделать вывод, что при содержании в бетоне волокна в пределах 0,3 - 0,9 % предел прочности при сжатии и предел прочности на растяжение при раскалывании при использовании волокон, подвергнутых кипячению, снижается всего на 7 - 9 %.
4. Комплекс проведенных исследований стойкости базальтовых волокон в водной вытяжке цементного карбонатного бетона, включающий микроскопиче-

ский анализ и прямые испытания, свидетельствуют о взаимодействии волокон с продуктами гидратации компонентов бетона. Однако, уровень химического взаимодействия незначителен – до 13,6% поверхности волокна. Это приводит к снижению прочности волокна на разрыв до 10% и несколько снижает (до 9%) прочностные показатели бетона.

- Исследования предыдущих авторов и наши экспериментальные исследования стойкости базальтовых волокон в цементных карбонатных бетонах показывают, что применение базальтовых волокон в мелкозернистых карбонатных бетонах позволяет получить прочные и долговечные изделия с вовлечением в производство известняковых отходов камнепиления.

ЛИТЕРАТУРА

- Армирование неорганическими вяжущих веществ минеральными волокнами, 1988. / Пащенко А.А., Сербин В.П., Паславская А.П., Глуховский В.В., Бирбкович Ю.Л., Солодовник А.Б. – М.:Стройиздат. – 201.
- Боровский И.В., 2009.** Высокопрочный тонкозернистый базальтофибро-бетон: дис. канд. техн. наук: 05.23.05. – Казань. – 168.
- Lawrence G. La pate de cement hydrate, 1979.** – Paris: Donod. – 210.
- Никифиров А.П., 1996.** Тяжелые бетоны на шлако-содержащих вяжущих с комплексными модификаторами. – Дн-ск: Пороги. – 232.
- Отчет ЦНИИ Промзданий «Базальтовая фибра», 1981. / С.Ф. Ястржембский. – 246.
- Пащенко А.А. Сербин В.П. Паславская А.П. и др., 1988.** Армирование неорганических вяжущих веществ минеральными волокнами. – М.:Стройиздат. – 201.
- Пащенко А.А., 1988.** Армирование неорганических вяжущих веществ минеральными волокнами // Наука – строительному производству. — М.:Стройиздат. – 75.
- Рабинович Ф.Н., 2003.** Прогнозирование изменений во времени прочности стеклофиброцементных композитов // Стекло и керамика. – №2, 32 – 38.
- Деревянко В.Н., 2001.** Теоретические основы повышения стойкости и технология дисперсно-армированных покрытий: Дис. док. тех. наук: 05.23.05. – Дн-ск. – 335.
- Майлян Р.Л., 1967.** Бетон на карбонатных заполнителях. – Ростов: Ростовский ун-т. – 271.
- Гасанов А., Нестеренко Е., Люлько А., 2009.** Ресурсосбережение в производстве строительных материалов. //MOTROL. – №11А, 134-137.
- Чеботарева Е., 2010.** Исследование напряженно-деформативного состояния отдельно стоящих двух-слойных железобетонных фундаментов методом компьютерного моделирования. //MOTROL. – № 12D, 156 – 161.
- Морозова Е., Сергеева Р., 2012.** Эффективные комбинированные плиты перекрытия для зданий с несущим металлическим каркасом. // MOTROL- Vol. 14, №6, 81 – 86.

RESISTANCE OF BASALT FIBER IN CARBONATE DISPERSION-REINFORCED CONCRETE

Summary. Investigated resistance of basalt fibers in dispersion-reinforced fine-grained be-tone carbonate fillers in the alkaline environment гидратирующегося Portland cement.

Key words: basalt fiber, pH environment of the aqueous extract of carbonate concrete, boiling, strength, fine carbonate concrete.

Analiza procesu rozdrabniania nasion soi

Sławomir Gawłowski, Janusz Laskowski, Ryszard Kulig, Adam Zdybel

Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego, Uniwersytet Przyrodniczy
ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin, e-mail: sławomir.gawlowski@up.lublin.pl

Streszczenie. W publikacji przedstawiono analizę wpływu wilgotności na proces rozdrabniania nasion soi. Pomiarzy przeprowadzone zostały przy wykorzystaniu laboratoryjnego rozdrabniacza bijakowego, z zastosowaniem zmiennych prędkości wirnika rozdrabniacza w zakresie 5000-7000 obr·min⁻¹. Nasiona soi doprowadzono do siedmiu poziomów wilgotności od 8 do 20% co 2%. Analiza wyników badań, wykazała istotne zależności pomiędzy wilgotnością, a energochłonnością rozdrabniania, a także analiza wariancji udowodniła istotne różnice dla poszczególnych poziomów wilgotności. Powiązania badanych cech z wilgotnością nasion soi przedstawione zostały w postaci równań regresji.

Słowa kluczowe: soja, rozdrabnianie, wilgotność, prędkość bijakowa.

z podstawowych procesów któremu poddawane są nasiona roślin strączkowych jest rozdrabnianie [9]. Decyduje ono o przebiegu dalszych etapów przetwórczych [4]. Wraz ze wzrostem stopnia rozdrobnienia zwiększają się jednak nakłady energii na dekohezję cząstek [8].

Jakość uzyskanego produktu zależna jest od podatności materiału na rozdrobnienie. Stopień rozdrobnienia oraz energochłonność procesu zależy również od cech fizycznych nasion, parametrów konstrukcyjnych rozdrabniacza oraz sposobu prowadzenia procesu [1]. Spośród właściwości materiału najważniejszym parametrem w procesie rozdrabniania jest zawartość wody. Wzrost wilgotności przyczynia się do zwiększenia nakładów jednostkowych energii rozdrabniania szczególnie przy wykorzystaniu rozdrabniaczy bijakowych [6, 3].

Należy zauważyć że stopień rozdrobnienia materiału wywiera wpływ na właściwości półproduktów, a także na kolejne czynności technologiczne, spośród których należy wymienić: mieszanie i granulowanie. Ponadto znaczenie efektywniejsze jest stosowanie w żywieniu odpowiednio rozdrobnionych surowców, a niżeli całych nasion bądź ziaren. Stopień rozdrobnienia surowców decyduje o jakości i wartości odżywczej mieszanek paszowych. Dzięki rozdrobnieniu otrzymujemy większą powierzchnię właściwą cząstek co powoduje lepsze przyswajanie paszy przez zwierzęta. Rozdrobnienie surowców jest także warunkiem uzyskania jednorodnych mieszanek wieloskładnikowych, co ułatwia manipulowanie nimi w dalszych operacjach [5].

WYKAZ OZNACZEŃ

d_m – średni wymiar cząstki [mm],
 E_r – wskaźnik podatności ziarna na rozdrabnianie [$J \cdot m^{-2}$],
 E_r – jednostkowe nakłady energii na rozdrabnianie [$J \cdot g^{-1}$],
 E_{roz} – energia na rozdrabnianie próbki ziarna [J],
 h_i – średnia wartość przedziału klasowego [mm],
 m_r – masa rozdrabnianej próbki [g],
 n – ilość zastosowanych sit,
 P_i – udział cząstek zatrzymanych na danym sicie [%],
 S_n – powierzchnia powstała podczas rozdrabniania [m^2],
 w_z – wilgotność ziarna [%],
 ρ – gęstość materiału [$kg \cdot m^{-3}$],

WPROWADZENIE

Surowcom strączkowym poświęca się dużo uwagi ze względu na znaczną rolę jaką odgrywają w żywieniu ludzi i zwierząt, jako źródło białka, włókna, soli mineralnych i witamin. Równocześnie istnieje też potrzeba rozwoju i zastosowania nowych technologii dla ich przetwórstwa. Jednym

METODYKA BADAŃ

Badania procesu rozdrabniania zostały wykonane na laboratoryjnym rozdrabniaczu bijakowym POLYMIX-Micro-Hammermill MFC. Rozdrabniacz współpracował bezpośrednio z komputerowym układem pomiarowym mocy czynnej prądu jednofazowego. Charakterystyka stanowiska pomiarowego przedstawiona została w opracowaniu [7].

Materiał badawczy stanowiły nasiona soi z firmy „Dan-ko” hodowla Roślin Sp.z o.o.. Nasiona doprowadzone zostały do wilgotności 8; 10; 12; 14; 16; 18 i 20% ($\pm 0,2\%$) zgodnie z Polską Normą (PN-91/A-74010) i zostały rozdrobnione przy zastosowaniu sita o wymiarze oczek 2 mm i pięciu poziomach prędkości obrotowej wirnika tj. 5000; 5500; 6000, 6500 i 7000 obr·min⁻¹. Pomiary wykonane zostały w pięciu powtórzeniach dla każdej prędkości i wilgotności nasion.

Dla rozdrobnionych próbek nasion soi określony został skład granulometryczny zgodnie z Polską Normą (PN-89/R-64798) co pozwoliło określić średni wymiar cząstki według wzoru [2]:

$$d_m = \frac{\sum_{i=1}^n h_i P_i}{100} \quad (1)$$

Jednostkowe nakłady energii rozdrabniania E_r wyznaczono ze wzoru:

$$E_r = \frac{E_{roz}}{m_r} \quad (2)$$

a wskaźnik podatności na rozdrabnianie E_f został wyznaczony jako iloraz energii pobranej podczas rozdrabniania i nowej powierzchni powstałej na skutek rozdrobnienia [Posner 1991]:

$$E_f = \frac{E_{roz}}{S_n} \quad (3)$$

Wyniki pomiarów poddano analizie statystycznej wykorzystując program STATISTICA. Za pomocą testu Tukey'a zostało przeprowadzone szczegółowe porównanie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ oraz określono także zależności w postaci równań regresji. W przyjętym zakresie

badan określono wartości średnie, błędy i odchylenia standardowe. Dla badanych prędkości bijakowych obliczono także wskaźnik podatności na rozdrabnianie.

WYNIKI BADAŃ

Analiza wyników wykazała, że wilgotność wpływa istotnie na badane parametry procesu rozdrabniania nasion soi. W tab. 1-3 zostały umieszczone wyniki analizy wariancji natomiast w tab. 4 równania regresji.

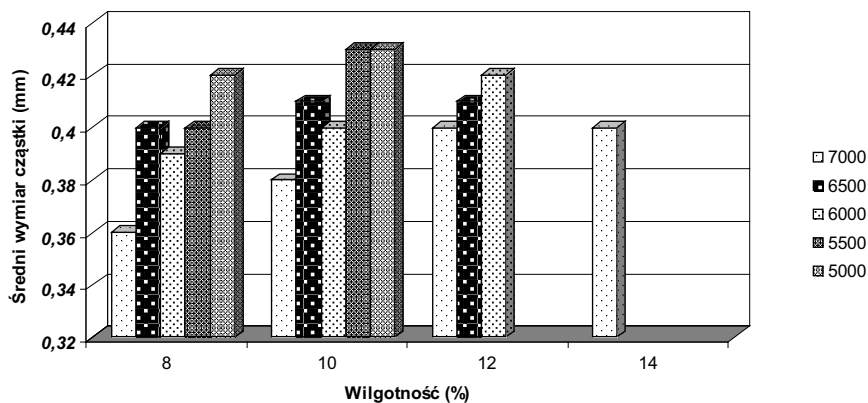
Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała istotne różnice jakie wystąpiły przy wartościach średniego wymiaru cząstki d_m (tab. 1). Analizując średni wymiar cząstek zauważyć można że różnie on wraz ze wzrostem wilgotności nasion od 8 do 14%. Wartości średniego wymiaru cząstek zostały przedstawione na rys. 1.

Wartości jednostkowe energii rozdrabniania dla nasion soi zawierały się w przedziale od 84,99 J·g⁻¹ przy najmniejszej prędkości obrotowej bijaków do 464,03 J·g⁻¹ dla największej prędkości. Na podstawie uzyskanej analizy wyników stwierdzono że jednostkowe zużycie energii na rozdrabnianie zwiększa się wraz ze wzrostem wilgotności nasion oraz prędkości bijaków. Jednostkowe nakłady energii na rozdrabnianie dla poszczególnych poziomów wilgotności nasion soi, przy zastosowaniu różnych prędkości rozdrabniania zostały przedstawione na rys. 2. Natomiast zależności jakie uzyskano z analizy regresji zestawiono z tab. 4.

Jednowymiarowy test istotności wariancji dla wskaźnika podatności nasion na rozdrabnianie pozwolił stwierdzić, że występują istotne różnice w badanym parametrze przy różnej wilgotności nasion i prędkości bijaków (tab. 3).

Tabela 1. Analiza wariancji dla średniego wymiaru cząstki d_m
Table 1. Arianse analysis for mean particie size d_m

Składniki analizy wariancji	Prędkość bijaków	SS · 10 ⁴	df	MS · 10 ⁴	F · 10 ⁻⁴	p · 10 ²
Wyraz wolny – Intercept	7000	0,03	1	0,03	1,37	0,00
Wilgotność – Moisture kontent		0,00	3	0,00	0,0003	4,61
Błąd standardowy Standard error		0,00	16	0,00		
Wyraz wolny – Intercept	6500	0,02	1	0,02	0,94	0,00
Wilgotność – Moisture kontent		0,00	2	0,00	0,0002	0,005
Błąd standardowy Standard error		0,00	12	0,00		
Wyraz wolny – Intercept	6000	0,02	1	0,02	0,97	0,00
Wilgotność – Moisture kontent		0,00	2	0,00	0,0004	3,16
Błąd standardowy Standard error		0,00	12	0,00		
Wyraz wolny – Intercept	5500	0,02	1	0,02	0,62	0,00
Wilgotność – Moisture kontent		0,00	1	0,00	0,0009	1,70
Błąd standardowy Standard error		0,00	8	0,00		
Wyraz wolny – Intercept	5000	0,02	1	0,02	0,64	0,00
Wilgotność – Moisture kontent		0,00	1	0,00	0,00	100,00
Błąd standardowy Standard error		0,00	8	0,00		



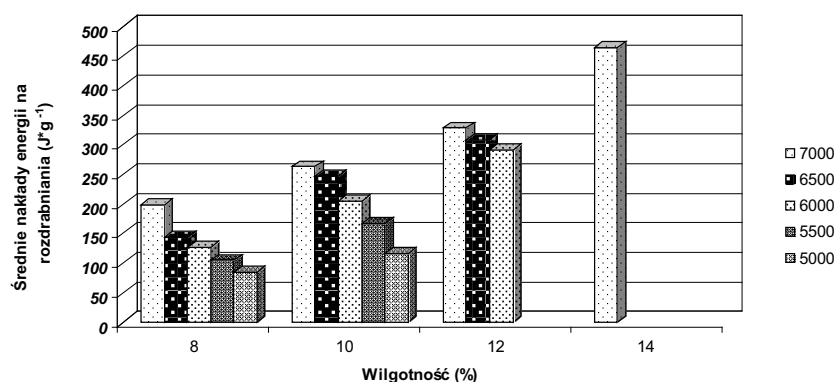
Rys. 1. Średni wymiar cząstki d_m śruty sojowej dla poszczególnych wilgotności ziarna

Fig. 1. Mean particle size d_m soybean meal for each moisture content

Tabela 2. Analiza wariancji dla jednostkowych nakładów energii na rozdrabnianie E_r

Table 2. Variance analysis for specific grinding energy E_r

Składniki analizy wariancji	Prędkość bijaków	SS · 10	df	MS · 10	F · 10 ²	p
Wyraz wolny – Intercept	7000	78,39	1	78,39	250,65	0,00
Wilgotność – Moisture kontent		7,77	3	2,59	8,28	0,00
Błąd standardowy Standard error		0,05	16	0,003		
Wyraz wolny – Intercept	6500	3,26	1	3,26	495,34	0,000
Wilgotność – Moisture kontent		0,27	2	0,13	21,00	0,000
Błąd standardowy Standard error		0,0007	12	0,00006		
Wyraz wolny – Intercept	6000	2,58	1	2,58	443,03	0,000
Wilgotność – Moisture kontent		0,27	2	0,13	23,62	0,000
Błąd standardowy Standard error		0,0006	12	0,00005		
Wyraz wolny – Intercept	5500	0,72	1	0,72	390,59	0,000
Wilgotność – Moisture kontent		0,03	1	0,038	20,36	0,000
Błąd standardowy Standard error		0,0001	8	0,00001		
Wyraz wolny – Intercept	5000	0,40	1	0,40	170,74	0,000
Wilgotność – Moisture kontent		0,009	1	0,009	3,88	0,000
Błąd standardowy Standard error		0,0001	8	0,00002		

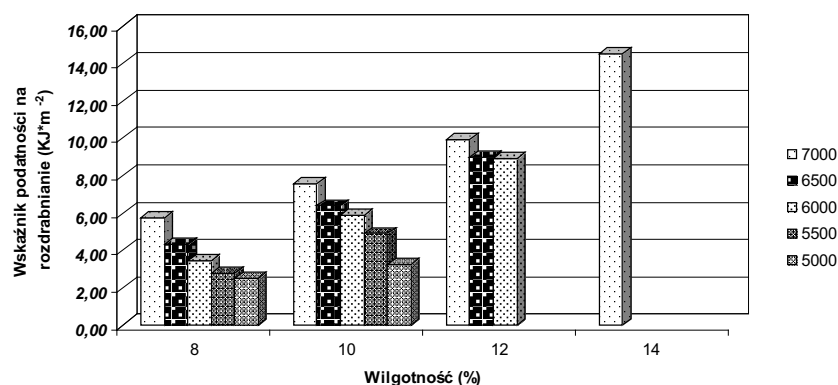


Rys. 2. Jednostkowe nakłady energii na rozdrabnianie E_r dla poszczególnych wilgotności nasion

Fig. 2. Specific grinding energy E_r for each moisture content

Tabela 3. Analiza wariancji dla wskaźnika podatności nasion na rozdrabnianie E_f
Table 3. Arianse analysis for energy utilization index E_f

Składniki analizy wariancji	Prędkość bijaków	SS · 10 ²	df	MS · 10 ²	F · 10 ²	p
Wyraz wolny – Intercept	7000	50,035	1	50,035	26,702	0,000
Wilgotność – Moisture kontent		5,818	3	1,939	1,035	0,000
Błąd standardowy Standard error		0,299	16	0,018		
Wyraz wolny – Intercept	6500	18,30	1	18,325	19,044	0,000
Wilgotność – Moisture kontent		1,30	2	0,693	0,720	0,000
Błąd standardowy Standard error		1	12	0,009		
Wyraz wolny – Intercept	6000	15,608	1	15,608	22,332	0,000
Wilgotność – Moisture kontent		1,971	2	0,985	1,410	0,000
Błąd standardowy Standard error		0,083	12	0,006		
Wyraz wolny – Intercept	5500	4,230	1	4,230	10,446	0,000
Wilgotność – Moisture kontent		0,296	1	0,296	0,731	0,00002
Błąd standardowy Standard error		0,032	8	0,004		
Wyraz wolny – Intercept	5000	2,33	1	2,33	16,45	0,000
Wilgotność – Moisture kontent		0,05	1	0,05	0,37	0,00002
Błąd standardowy Standard error		0,001	8	0,001		



Rys. 3. Wskaźnik podatności nasion na rozdrabnianie E_f dla poszczególnych wilgotności nasion
Fig. 3. Energy utilisation index E_f for each moisture content

Największe wartości wskaźnika podatności soi na rozdrabnianie przy wilgotności 14% uzyskano dla prędkości 7000 obr/min, (14,51 kJ·m⁻²). Natomiast najmniejszą wartość (2,47 kJ·m⁻²) uzyskano przy prędkości 5000 obr/min i dla wilgotność 8%. Na rys. 3 przedstawiono zależności pomiędzy wskaźnikiem podatności, a wilgotnością dla pięciu wartości prędkości obrotowej. Wyniki analizy regresji przedstawiono w tab. 4.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonej analizy wyników badań można przedstawić następujące wnioski:

1. Wilgotność nasion soi w większym stopniu wpływa na proces udarowego rozdrabniania niż zmiana prędkości obrotowej bijaków.

2. Wraz ze wzrostem wilgotności nasion soi stwierdzono spadek średniego wymiaru cząstki śruty.
3. Wraz ze wzrostem wilgotności soi od 8 do 14% jednostkowa energia rozdrabniania zwiększyła się o około 100%.
4. Wskaźnik podatności nasion na rozdrabnianie zwiększał się wraz ze wzrostem prędkości obrotowej bijaków. Zależności takie stwierdzono przy każdym z rozpatrywanych poziomów zawartości wody w nasionach soi.
5. Wzrost prędkości obrotowej bijaków przyczynił się do uzyskiwania śruty o drobniejszej granulacji.

LITERATURA

1. **Bieliński M.** 1990. Rozdrabnianie tworzyw wtórnych w warunkach cieciska quasi i technologicznego. OWSIMP, Częstochowa

Tabela 4. Zestawienie równań regresji i wartości współczynnika determinacji określających zależności pomiędzy właściwościami fizycznymi i parametrami procesu rozdrabniania soi a wilgotnością**Table 4.** Equations and determination coefficients expressing the relationships between physical properties and some grinding features of soya and moisture content

Badana cecha Determined characteristic	Prędkość bijkaków	Równanie – Equation	R ²
Jednostkowe nakłady energii na rozdrabnianie E_r ($J \cdot g^{-1}$) Specific grinding energy E_r ($J \cdot g^{-1}$)	7000	$E_r = 4,448 w_z^2 - 54,62 w_z + 353,4$	0,987
Wskaźnik podatności nasion na rozdrabnianie E_f ($J \cdot m^{-1}$) Energy tilization index E_f ($J \cdot m^{-1}$)		$E_f = 0,108 w_z^2 + 2,161$	0,935
Jednostkowe nakłady energii na rozdrabnianie E_r ($J \cdot g^{-1}$) Specific grinding energy E_r ($J \cdot g^{-1}$)	6500	$E_r = -5,211 w_z^2 + 145,4 w_z - 685,6$	0,997
Wskaźnik podatności nasion na rozdrabnianie E_f ($J \cdot m^{-1}$) Energy tilization index E_f ($J \cdot m^{-1}$)		$E_f = 0,092 w_z^2 + 1,510$	0,922
Jednostkowe nakłady energii na rozdrabnianie E_r ($J \cdot g^{-1}$) Specific grinding energy E_r ($J \cdot g^{-1}$)	6000	$E_r = 2,069 w_z^2 - 5,099$	0,996
Wskaźnik podatności nasion na rozdrabnianie E_f ($J \cdot m^{-1}$) Energy tilization index E_f ($J \cdot m^{-1}$)		$E_f = 0,110 w_z^2 - 1,177$	0,959
Jednostkowe nakłady energii na rozdrabnianie E_r ($J \cdot g^{-1}$) Specific grinding energy E_r ($J \cdot g^{-1}$)	5500	$E_r = 30,84 w_z - 142,5$	0,996
Wskaźnik podatności nasion na rozdrabnianie E_f ($J \cdot m^{-1}$) Energy utilisation index E_f ($J \cdot m^{-1}$)		$E_f = 1,720 w_z - 8,984$	0,901
Jednostkowe nakłady energii na rozdrabnianie E_r ($J \cdot g^{-1}$) Specific grinding energy E_r ($J \cdot g^{-1}$)	5000	$E_r = 15,09 w_z - 35,80$	0,979
Wskaźnik podatności nasion na rozdrabnianie E_f ($J \cdot m^{-1}$) Energy utilisation index E_f ($J \cdot m^{-1}$)		$E_f = 0,731 w_z - 1,748$	0,824

- Branland G. i wsp.:** 1997. La dureté des blés sélectionnés en France évolution et conséquences. Industries des Céréales 101:5-10.
- Dziki D.** 2007. Ocena energochłonności rozdrabniania ziarna pszenicy poddanego uprzednio zgniataniu. Inżynieria Rolnicza. Nr 8(96) Kraków. s. 51-58.
- Dziki D., Przypek-Ochab D.:** 2009. Ocena energochłonności rozdrabniania ziarna pszenicy zróżnicowanego pod względem twardości. Inżynieria Rolnicza 5(114), 61-97.
- Jasińska Z., Kotecki A.:** 1993. Rośliny strączkowe PWN Warszawa, 61-88.
- Kowalik K., Opielak M.** 2002. Badanie wpływu wilgotności i rodzaju ziarna zbóż na jednostkowe zużycie energii podczas rozdrabniania. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 10(4). Warszawa. s. 51-55.
- Laskowski J., Łysiak G.:** 1997. Use of compression behaviour of legume seed in view of impact grinding prediction. Powder Technol. 105, 83-88.
- Laskowski J., Łysiak G., Skonecki S.:** 2005. Mechanical properties of granular agromaterials and food powders for industrial practice. Part II. Material properties for grinding and agglomeration. Institute of Agrophysics PAS, Lublin. s. 29-30.
- Walczyński S.:** 1995. Uniwersalna technologia rozdrabniania surowców paszowych. Pasze Polskie, 1-2, 7-9.

PARAMETERS OF SHREDDING SOYA BEANS

Summary. The aim of the study was to analyze the influence of moisture content on grinding process of soybeans. The research was made using a laboratory hammer-mill at the velocity in the range of 5000-7000 rev·min⁻¹. Soybeans were fed to seven moisture levels of 8 to 20%. During research the grinding parameters were evaluated. Significant relations were established between the moisture content and grinding energy. The analysis of variance showed that grinding parameters were statistically significantly different for various kernel moisture content level. Relationship studied traits of moisture soybeans are presented in the form of regression equations.

Key words: soya, grinding, moisture, hammer velocity.

Zastosowanie technik bezprzewodowych do modernizacji instalacji elektrycznych w obiektach agroturystycznych

Marek Bolesław Horyński

Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej, Politechnika Lubelska,
ul. Nadbystrzycka 38A, 20-618 Lublin, e-mail: m.horynski@pollub.pl

Streszczenie. W dobie burzliwego rozwoju techniki i automatyki pojawiają się nowe możliwości zapewnienia ludności wygodniejszego życia poprzez m.in. podnoszenie komfortu podczas przebywania w domu. Do tej grupy zaliczają się instalacje inteligentne, które dają a nowe rozwiązania w zakresie obsługi instalacji budynkowych i oszczędność kosztów oraz zwiększają bezpieczeństwo energetyczne. W ostatnich latach, technologie bezprzewodowe stały się bardzo popularne zarówno w zastosowaniach komercyjnych jak i domowych. Użycie technologii bezprzewodowych daje również mierzalne korzyści w dziedzinie automatyki instalacji budynkowych. W niniejszej publikacji przeanalizowano integrację instalacji elektrycznych występujących w budynkach przeznaczonych do prowadzenia działalności agroturystycznej. Zarządzanie energią zostało wykonane w oparciu o polski system automatyki budynkowej F&Home Radio [3]. Jest to polska alternatywa dla drogich systemów zagranicznych. Oferuje on podobne możliwości zarządzania instalacjami budynkowymi, a dzięki możliwości zdalnego dostępu do instalacji pozwala na komfortowe sterowanie urządzeniami.

Słowa kluczowe: agroturystyka, budynek inteligentny, rolnictwo, instalacja, automatyka

WSTĘP

Wraz z rozwojem budownictwa wzrosło zapotrzebowanie na większą automatyzację systemów budynkowych. Genezą wprowadzania nowych rozwiązań w budownictwie było dążenie do zapewnienia użytkownikom lepszych warunków bytowych, poprawy komfortu oraz ułatwienia sterowania urządzeniami zainstalowanymi w domu. Z tego powodu zaczęto systemy automatyki adoptować z systemów przemysłowych do budownictwa mieszkaniowego. Szczególnie ważnym rejonem do przeprowadzenia modernizacji jest budownictwo wiejskie. Obecnie zwraca się szczególną uwagę na optymalizację zużycia energii, ergooszczędność jest największym wyzwaniem dla współczesnego przemysłu budowlanego. W związku z tym wymagania postawione in-

stalacjom automatyki budynkowej dotyczące oszczędności energii są bardzo duże, gdyż świadome zużywanie energii zapewnia zabezpieczenie na przyszłość oraz prowadzi do tego, że budynek staje się bardziej ekonomiczny. Współczesnym mieszkańcom zależy nie tylko na zapewnieniu bezpieczeństwa energetycznego w ich budynkach, ale chcą korzystać z komfortowych i ergooszczędnych urządzeń. Wzrost świadomości ekologicznej natomiast skłania ich do wyboru rozwiązań dedykowanych do ochrony środowiska naturalnego [1, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 19, 20].

Zmiany te nie omijają również obszarów wiejskich. Ludność je zamieszkująca często w wyniku trudnych warunków zmuszona był do zmiany profilu działalności lub jej rozszerzenia o nowe aktywności. Jedną z nowych działalności jest agroturystyka. Jest to rodzaj turystyki wiejskiej, znanej w Polsce od dawna jako wczasy pod gruszą. Współczesny turysta poszukuje często miejsc z dala od zgiełku miasta, w których mógłby znaleźć odpoczynek i być bliżej natury. Odpowiedzią na to zapotrzebowanie jest uruchamianie na wsi dodatkowej działalności, agroturystyki. Jest ona spotykana szczególnie na terenach atrakcyjnych geograficznie. Ta forma masowej turystyki obejmuje różnego rodzaju usługi, począwszy od zakwaterowania, poprzez częściowe lub całonocne posiłki, wędkarstwo i jazdę konną, po uczestnictwo w pracach gospodarskich. Polega na wykorzystaniu piękna krajobrazu wiejskiego i uatrakcyjnianiu gościom pobytu udziałem w codziennych zajęciach w gospodarstwie, w tradycyjnym rzemiośle artystycznym, w obrzędach ludowych oraz w przygotowywaniu wyrobów regionalnych (Rys. 1).

Celem agroturystyki jest przeciwdziałanie wyludnieniu wsi i aktywizacja zawodowa ludności wiejskiej. Zapewnia ona wzrost dochodów ludności miejscowej, wytwarzanie wyrobów pamiątkarskich, wzrost atrakcyjności obszarów wiejskich, wyrażający się we wzroście cen gruntów, a przez to wartości terenów rolnych i wiejskich oraz rozwój infrastruktury wspierającej ekologiczne wzory turystyki.



Rys. 1. Przykład domu z gliny (Fot. Waldemar Jan)
Fig. 1. The house made of clay (Fig. Waldemar Jan)

W skład zabudowy gospodarstwa agroturystycznego wchodzi budynki mieszkalne oraz gospodarcze (stodoła, obora, itp.).

Inteligentne sterowanie instalacjami budynków będących częścią gospodarstwa agroturystycznego wymaga znajomości zagadnień z dziedziny sterowania, informatyki oraz poznania specyfiki funkcjonowania budynków rolniczych. We współczesnych gospodarstwach rolnych istnieje szereg urządzeń, które nie mają możliwości wymiany informacji z innymi komponentami instalacji. Konieczne jest posiadanie systemu integrującego urządzenia pochodzące z różnych instalacji i od różnych producentów. Wprowadzenie automatyki może również wpłynąć na obniżenie zużycia energii w gospodarstwie rolnym, co jest związane z optymalizacją pracy urządzeń w nim występujących. W artykule przedstawiono koncepcję zastosowania do tego celu polskiego systemu automatyki budynkowej F&Home Radio.

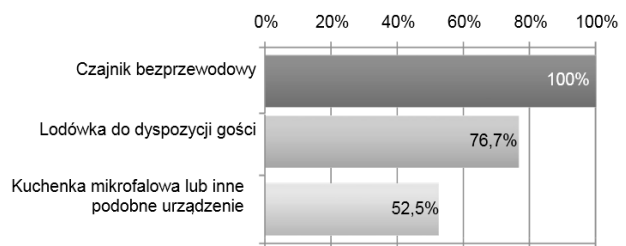
ORGANIZACJA OFERTY WIEJSKICH GOSPODARSTW DOMOWYCH W ASPEKCIE ZUŻYCIA WYBRANYCH MEDIÓW

Budowa oraz eksploatacja instalacji i urządzeń elektrycznych w gospodarstwach wiejskich w dalszym ciągu w wielu przypadkach nie spełnia warunków budownictwa energooszczędnego. Dotyczy to instalacji i urządzeń elektrycznych w nich zainstalowanych oraz energooszczędnej konstrukcji. Promowane są działania zmierzające do realizacji celów zrównoważonego rozwoju. Zalicza się do nich energooszczędne zarządzanie energią w gospodarstwie rolnym. Osoby planujące rozszerzenie prowadzonej działalności zmuszone są do modernizacji użytkowanych budynków połączonej z unowocześnieniem instalacji elektrycznej [4, 5, 6]. Do modernizacji istniejącej już instalacji można wykorzystać różne systemy inteligentnego budynku. Najszybciej i bez żadnej ingerencji w okablowanie możemy zastosować system radiowy firmy Moeller-Eaton, X-Comfort, Tebis TX lub F&Home Radio. Instalacje przewodowe typu KNX/EIB lub LCN możemy wykorzystać pod warunkiem, że w istniejącym już budynku są wolne przewody, które mogą spełnić rolę magistrali. Niestety, z uwagi na fakt, że w większości modernizowane są stare gospodarstwa, w których nikt nie przewidywał zmiany lub rozszerzenia działalności, nie można liczyć na istnienie wolnych przewodów. Wyposażenie takich domów w przewodowe systemy automatyki

jest niemożliwe bez gruntownego remontu. Aby tego uniknąć stosuje się systemy bezprzewodowe (Rys. 1).

Dotyczy to szczególnie obszarów wiejskich, który należą w Polsce do regionów często przez lata zaniedbywanych. Charakterystyka gospodarstw rolnych oraz zakładów przemysłu rolno-spożywczego, jako użytkowników energii elektrycznej jest przedmiotem dociekań naukowych wielu autorów [15, 17, 18, 19, 20, 27, 28, 29, 30].

Producenci urządzeń automatyki budynkowej mają w swojej ofercie rozwiązania kompatybilne z tradycyjnymi instalacjami elektrycznymi oraz systemami inteligentnymi, które mogą być adresowane do ludności wiejskiej [13]. Na Politechnice Łódzkiej przeprowadzono badania ankietowe, których celem było określenie preferowanych przez turystów elementów wyposażenia gospodarstwa agroturystycznego [30].



Rys. 2. Preferowane przez turystów elementy wyposażenia gospodarstwa agroturystycznego [30]

Fig. 2. Preferred by tourists items of equipment of an agrotourism farm [30]

Na podstawie tych badań można określić również preferowane formy wypoczynku w zależności od grup wiekowych, wykształcenia oraz stanu cywilnego respondentów. Posiłkując się otrzymanymi wynikami można stwierdzić, że ludzie decydujący się na taką formę wypoczynku nie chcą rezygnować ze zdobyczy techniki będących na wyposażeniu współczesnych domów. W związku z tym należy przewidzieć w gospodarstwach agroturystycznych zastosowanie nowoczesnego sprzętu gospodarstwa domowego i radiowo-telewizyjnego.

Agroturyści oczekują zróżnicowanej oferty usługowej w obszarze jej elementów składowych, wycenionej z uwzględnieniem ich zindywidualizowanych potrzeb odnośnie jej konstrukcji. Z powodu tego zróżnicowania właściciel kwatery wakacyjnej może spotkać się różnym zapotrzebowaniem na energię. Na zapotrzebowanie na energię w gospodarstwie rolnym składa się:

- zapotrzebowanie na cele bytowo-gospodarcze (zalicza się do nich ogrzewanie pomieszczeń i przygotowanie ciepłej wody użytkowej, energię elektryczną do oświetlenia i zasilania urządzeń AGD),
- zużycie bezpośrednio na cele rolnicze (nawadnianie, suszenie, uprawę roślin szklarniowych, hodowlę zwierząt, paliwo do maszyn).

STANOWISKO BADAWCZE

W celu badania zastosowania instalacji inteligentnych w gospodarstwach rolnych w Laboratorium Energooszczędnych Instalacji Budynkowych wykonano stanowisko ba-

dawcze, w którym urządzenia są zintegrowane za pomocą bezprzewodowego systemu F&Home Radio. Umożliwia on zdalne zarządzanie indywidualną lub grupową pracą poszczególnych urządzeń w ramach zdefiniowanych scenariuszy przy wykorzystaniu wiadomości tekstowych SMS oraz specjalnych aplikacji. Dzięki nim użytkownik ma zdalny dostęp do kontroli stanu i bezpośredniego sterowania urządzeniami w ramach scenariuszy zdefiniowanych według własnych preferencji.

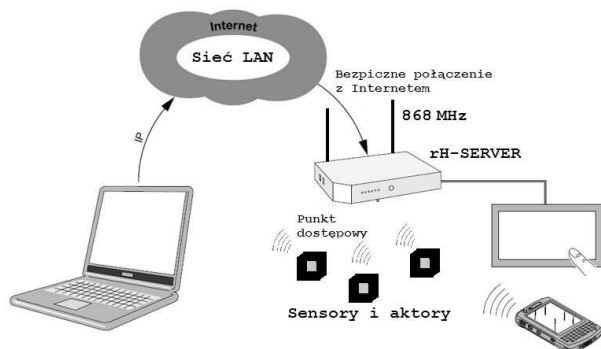
Głównym elementem stanowiska jest plan domu z rozmieszczonymi na nim elementami wykonawczymi (przyciski, żarówki, kontrolki LED). Poniżej planu znajdują się moduły systemu oraz przyciski służące do obsługi elementów wykonawczych.

Podstawowa konfiguracja F&Home Radio składa się serwera sterującego i zarządzającego pracą systemu oraz sensorów i aktorów. Działa on w systemie operacyjnym Embedded Linux. Charakteryzuje się on wysoką wydajnością i niezawodnością przy niskim poborze mocy ok. 4W. Serwer komunikuje się drogą radiową w paśmie 868 MHz z sensorami oraz aktorami. Zasięg radiowy, wynoszący kilkadziesiąt metrów można powiększyć poprzez zastosowanie repeater'ów wzmacniających sygnał. Dzięki zastosowaniu dwóch modułów radiowych pracujących równocześnie w dwóch niezależnych kanałach system ten jest bardzo odporny na zakłócenia zewnętrzne. Elementy systemu F&Home Radio wykorzystane podczas budowy stanowiska są kompleksowym rozwiązaniem na bazie, których można stworzyć w pełni funkcjonalną inteligentną instalację.

Wyróżnikiem tego rozwiązania jest możliwość pracy autonomicznej, dzięki której użytkownik jest odciążony od sterowania poszczególnymi komponentami instalacji, które przejmuje system po rozpoznaniu konkretnej aktywności użytkowników.

System F&Home Radio tak jak inne systemy inteligentne funkcjonuje w oparciu o trzy typy urządzeń (Rys. 3):

1. Sensory – odpowiadają za zbieranie informacji z otoczenia, są to różnego rodzaju czujniki (temperatury, wilgotności, dymu, etc.), ale także włączniki.
2. Aktuatory – urządzenia wyjściowe wykonujące określone polecenia. Nazwa tych urządzeń wywodzi się od faktu, że aktualizują stan sterowanych wyjść.
3. Urządzenia przetwarzające – główny element systemu, są to urządzenia, których zadaniem jest przetworzenie zebranych za pomocą sensorów informacji i za pomocą tychże informacji sterowanie pracą aktuatorów.



Rys. 3. Architektura systemu F&Home Radio
Fig. 3. Architecture of the system F&Home Radio

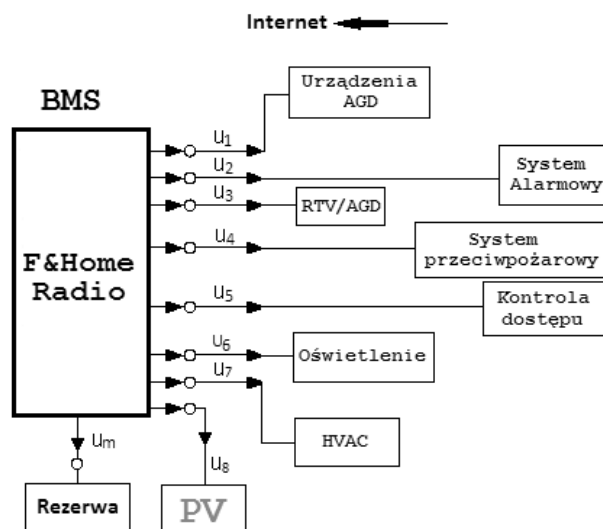
Sensory i aktry mają charakter uniwersalny, mogą w razie konieczności przejmować rolę innych urządzeń, np. sensor ruchu może pełnić rolę czujki alarmowej, a przy rozbrojonym alarmie załączać światło.

System pracuje w układzie gwiazdy, oznacza to, że jego centralnym punktem jest rozdzielnia, do której schodzą się wszystkie przewody.

W przypadku dwóch rozdzielni, umiejscowionych na przykład w budynku mieszkalnym i pomieszczeniu gospodarczym należy pomiędzy rozdzielnicami położyć przewód magistrali CAN.

Za pomocą omawianego systemu można sterować następującymi elementami domu:

- oświetlenie,
- instalacją HVAC (Heat, Ventilation, Air Conditioning, czyli Ogrzewanie, Wentylacja, Klimatyzacja),
- sterowanie urządzeniami RTV, AGD,
- sterowanie roletami/żaluzjami,
- współpraca z systemami alarmowymi/przeciwpożarowymi/kontroli dostępu (Rys. 4).



Rys. 4. Instalacje nadzorowane przez system F&Home Radio
Fig. 4. Installations supervised by the F&Home Radio

Dla zapewnienia bezpieczeństwa zasilania system ten można wspomagać energią ze źródła odnawialnego, paneli fotowoltaicznych. Koszt okablowania dla systemu F&Home Radio jest zależny od wielkości budynku oraz zakresu zastosowania. Niewątpliwą zaletą, tego systemu jest możliwość stopniowej rozbudowy. Jest to ważne, szczególnie dla odbiorców wiejskich, którzy nie zawsze dysponują wystarczającymi środkami na modernizację gospodarstw.

PODSUMOWANIE

Przedstawiona koncepcja integracji instalacji zarządzających energią w gospodarstwie jest próbą wprowadzenia energooszczędnego rozwiązania do budynków mieszkalnych na wsi. Jest to rozwiązanie, które może być modyfikowane w zależności od specyfiki gospodarstwa agroturystycznego, tzn. może być rozwijane w miarę ros-

nących potrzeb użytkowników oraz ich zasobności. System inteligentny F&Home Radio jest polską alternatywą dla drogiej technologii zagranicznych. Oferuje możliwości zarządzania instalacjami w budynkach za pomocą sieci bezprzewodowej.

Zastosowanie komunikacji bezprzewodowej w inteligentnych systemach instalacji budynkowych jest aspektem automatyki, który obecnie przechodzi gwałtowny rozwój. Uniknięcie wielu niedogodności, jakie niesie ze sobą standardowe okablowanie umożliwia zastosowanie rozwiązań w miejscach, które wcześniej były niedostępne, pozwala również ograniczyć koszty, ale także stworzyć podstawę do stosowania w praktyce zdalnego dostępu.

Dzięki łatwemu montażowi komponentów systemu oraz niskiemu napięciu zasilania magistrali CAN można bezpiecznie sterować urządzeniami w trudnych dla zachowania właściwej izolacji warunkach wiejskich.

Przetwarzanie sygnałów w systemie F&Home Radio odbywa się w czasie rzeczywistym. Dzięki współpracy z lokalną siecią LAN możliwa jest komunikacja z urządzeniami mobilnymi oraz kontrola pracy instalacji bez pośrednictwa zewnętrznych serwerów. System F&Home Radio pozwala na podłączenie i sterowanie pracą już zainstalowanych, pozbawionych funkcji zdalnego sterowania urządzeń.

LITERATURA

1. **Boyarchuk V., Sidorchuk A., Tatomir A., 2006.** Appointment of the basic task of power for rural users providing project management. *Motrol*, 8A, s. 59-63.
2. **Buczaj M., Sumorek A., 2010.** Wirtualny system nadzoru sterujący pracą systemu sygnalizacji włamania i napadu. *Motrol*, 12, s. 46-53.
3. **F&F, 2014.** Materiały katalogowe producenta systemu F&F Home Radio, Pabianice.
4. **Horyński M., 2010.** Reasonable energy management in an intelligent building. *Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa PAN*, t. 10C, s. 87-94.
5. **Horyński M., Majcher J., 2010.** Wykorzystanie systemu otwartego do kontroli mikroklimatu w pomieszczeniach gospodarczych. *Inżynieria Rolnicza*, 7(125), s. 67-73.
6. **Horyński M., 2011.** Indoor climate control in EIB system: Sterowanie klimatem pomieszczeń w systemie EIB, *Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa PAN*, t. 11, s. 114-122.
7. **Horyński M., 2011.** Programowanie graficzne w sterowaniu inteligentną instalacją elektryczną. *Rynek Energii*, nr 3(94).
8. **Horyński M., 2013.** The application of dispersed processing networks in order to optimize the energy consumption in contemporary buildings. *Przegląd Elektrotechniczny*, nr 7, s. 293-296.
9. **Horyński M., 2011.** Współpraca komponentów inteligentnego budynku sterowaniu oświetleniem. *Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa PAN*, vol. 11, s. 135-142.
10. **Horyński M., 2011.** Wykorzystanie niekonwencjonalnych źródeł energii we współczesnych budynkach. *MOTROL*, vol. 13, s. 150-156.
11. **Horyński M., 2006.** Zdalne zarządzanie inteligentną instalacją elektryczną. *Motrol*, Tom 8A, s. 142 – 147.
12. **Horyński M., Majcher J., 2010.** Możliwość wizualizacji stanu instalacji w inteligentnych budynkach. *Napędy i sterowanie – Miesięcznik Techniczno-Informacyjny* Nr 12(140), s. 90-92.
13. **Horyński M., 2013:** Energooszczędne instalacje inteligentne w obiektach agroturystycznych. *Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, nr 3, s. 273-280.
14. **Horyński M., 2013.** The application of dispersed processing networks in order to optimize the energy consumption in contemporary buildings. *Przegląd Elektrotechniczny*, nr 7, s. 293-296.
15. **Horyński M., 2012.** Model do badania komunikacji w inteligentnym budynku w standardzie KNX. *Motrol*, nr 5, vol. 14, s. 63-67.
16. **Jabłoński W., 2007.** Wymagania stawiane instalacjom elektrycznym w gospodarstwach rolnych i ogrodniczych – nowelizacja przepisów. *Elektro Info*, nr 3, s. 84-89.
17. **Klajn, A., 2007.** Automatyka budynkowa – wybrane systemy inteligentnych instalacji elektrycznych (2). *Elektroinstalator* Nr 7-8/2007, s. 26-31.
18. **Krakoviak, S., 2002.** Ocena stanu instalacji elektrycznych na wsi i środki przeciwdziałania ich degradacji. *Wiadomości Elektrotechniczne*, R. LXX, nr 10-11, s. 434-435.
19. **Markiewicz H., 2008.** Instalacje elektryczne. WNT, Warszawa.
20. **Mikulik J., 2005.** Budynek inteligentny, Tom II, Podstawowe systemy bezpieczeństwa w budynkach inteligentnych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
21. **Mikulik J., 2008.** Europejska Magistrala Instalacyjna. Rozproszony system sterowania bezpieczeństwem i komfortem. Biblioteka COSIW SEP, Warszawa.
22. **Mikulik J., 2008.** Wybrane zagadnienia zapewnienia bezpieczeństwa i komfortu w budynkach. Redakcja Uczelnianych Wydawnictw Naukowo – Dydaktycznych AGH, Kraków.
23. **Niezabitowska, E., 2005.** Budynek inteligentny. Tom 1. Potrzeby użytkownika a standard budynku inteligentnego. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
24. **Pudlik M., 2005.** Principles of wind energy use as a source of energy in agriculture. *Motrol* 7, s. 148-154.
25. **Sroczan, E., 2004.** Nowoczesne wyposażenie techniczne domu jednorodzinnego – Instalacje elektryczne. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań.
26. **Kapica J., Ścibisz M., 2007.** Wykorzystanie środowiska LabView do tworzenia instrumentów wirtualnych wspomagających pomiary w inżynierii. *Inżynieria Rolnicza*, 2(90).
27. **Trojanowska M., Szul T., 2006.** Modelling of energy demand for heating buildings, heating tap water and cooking in rural households. *Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa PAN*, , 6A, s. 184–190.

28. **Trojanowska M., Szul T., 2008.** Determination of heat demand in rural communes. Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa PAN, 8a, s. 180–187.
29. **Trojanowska M., Nęcka K., 2010.** Identification of indexes describing the reliability of electric power supply to rural customers. Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa PAN, 10, s. 475–483.
30. **Wilk I., Keck-Wilk M., 2013.** Oczekiwania turystów dotyczące oferty gospodarstw agroturystycznych. J. Agribus. Rural Dev. 2(28), 243-25.

THE USE OF WIRELESS TECHNOLOGIES TO
MODERNIZE THE ELECTRICAL INSTALLATIONS
IN BUILDINGS IN AGRITOURISM

Summary. As a result of dynamic development of electronic technology, it is possible to introduce digital technique into the electric systems in agricultural buildings. The paper presents an analysis of intelligent system F&Homer Radio design for energy benefits resulting from the use of such installations in buildings in agritourism. The aim of this study is to demonstrate the potential use of the intelligent building system in agriculture.

Key words: intelligent building, agritourism, agriculture, installation, electrical system.

Comparison of Results of Normative And Expert Monetary Valuation For Taxation Purposes

O. Kovalyshyn, S. Malakhova, N. Kryshenyk

Lviv National Agrarian University

Summary. The possibility of expert monetary valuation using as a mass evaluation for taxation is analysed in the article. The comparison of results of normative monetary evaluation and expert monetary valuation of lands is conducted. Expert monetary valuation gives real value nowadays, but lack of basic gate of evaluated objects makes it impossible to use in practice. **Key words:** normative monetary evaluation, expert monerati valuation, mass monetary evaluation of lands, land tax, a plot of land, settlement, market value, objects of real estate.

With the development of the market and, most importantly, education of taxpayers there is a task of valuation evidence that is presented to a particular taxpayer.

TASK SETTING

Compare results of normative and expert land plot evaluation and possibility of their use for taxation.

PROBLEM STATEMENT

In Ukraine, the most common types of land valuation are normative and expert monetary ones [15, 18]. In countries with the developed land market for regulation of land relations, the appraisal by mass methods is used. We can therefore expect that, in some time, Ukraine will also use it broadly.

Massive monetary land valuation in Ukraine, is normative one and is used to determine the amount of the land tax, the state duty in case of exchange, inheritance and donation of land according to the law; the rent for the land plots which are in state and municipal property; losses of agriculture and forestry and also losses after the development of indicators and mechanisms of economic incentives for rational use and protection of land.

ANALYSIS OF RECENT STUDIES

Nowadays in Ukraine there is active forming of the real estate market, and a growing number of professionals and government agencies realize that the real estate tax system should focus on the account of the real estate market state, and prices for it [4, 5, 13, 14, 19]. Important contribution is being made by Andriychuk V.G, Drapikovskyy, Danylenko A.S, Lyhohrud M.G, Shpychak O.M, Mesel-Vasylyak, Fedorov M.M, Tretiak A.M. and other [1, 6, 17, 11, 10].

THE MAIN MATERIAL

Methodical bases for the implementation of normative monetary valuation are Methods of monetary valuation of agricultural land and settlements, approved by the Cabinet of Ministers of Ukraine dated March 23, 1995 [15, 16].

Procedures with the same name were approved to the subordination of these methods.

“Due to the procedure of monetary valuation of agricultural land and settlements” the procedure of its implementation, which is done in three stages, has been defined [16].

At the first stage the target (average for a given locality) price per square meter of the built-up land, which depends on the location of the settlement in the national, regional and local systems of production and resettlement and the level of development and improvement of the area, is defined.

At the second stage the target price is differentiated within the settlement in accordance with economic planning zones, which are determined according to the heterogeneity of functional and planning area characteristics that affect the amount of rental income: the difference of accessibility into the levels of engineering maintenance and improvement of the area, development of services, the environmental quality of the territory and attractiveness.

At the third stage the price per square meter of land of specific functionality is defined taking into account terri-

torial and planning, engineering and geological, historic and cultural, natural landscape, sanitary and infrastructure peculiarities of the plot location.

According to the Methods of monetary valuation of agricultural land and settlements monetary valuation of a square meter of land is determined (Vg) by the formula 1:

$$Vg = \frac{C \times Rr}{Rc} \times Cf \times Cl, \quad (1)$$

where:

C – rate of costs of development and improvement of the territory per 1 m² (UAH),

Rr – rate of return (6%),

Rc – capitalization rate (3%),

Cf – coefficient characterizing the functional use of land (for housing and community development, for the industry, etc.),

Cl – coefficient characterizing the location of the land.

The coefficient characterizing the functional use of land (Cf) takes into account the relative profitability of existing within it economic activities and is set for certain categories of built-up plots: residential building, industry, mining and opencast, commercial use, transport and communication, technical infrastructure, landscape and recreational areas and other open land.

The coefficient that takes into account the location of land (Cl), takes into account also the impact of the location rent on the general rental income.

The value of the given coefficient in accordance with the “Procedure of monetary valuation of agricultural land and human settlements”, is conditioned by three groups of rent forming factors: of regional, zonal and local character, is calculated (Cl) by the formula 2:

$$Cl = Cl_1 \times Cl_2 \times Cl_3, \quad (2)$$

where:

Cl_1 – coefficient that describes the dependence of rental income on the settlement location in regional and local systems of production and resettlement – regional factors,

Cl_2 – coefficient that characterizes the dependence of rental income on the degree of urban development of the value of the town territory (economic and planning zone) – zonal factors,

Cl_3 – coefficient that characterizes the dependence of rental income on the peculiarities of the location of land within the economic and planning zone – local factors.

Works on the normative monetary land valuation is done every 5-7 years. As of 31.12.2012 the normative monetary evaluation was conducted in 29471 settlements. By 2006, the normative monetary evaluation was conducted in 3122 settlements of Ukraine, which is 11 %, since 2006 to 2010 – 8100 (27%), 2011 – 6751 (23 %) 2012 – 11498 (39%) [12].

For comparison, we conduct some calculations of normative and expert monetary valuation of land in the town of Dolyna of Ivano-Frankivsk region.

The costs of development and improvement of the territory include: engineering services and construction at val-

ue – 94,491.337 UAH, area improvement and landscape gardening – 11,073.700 UAH, road network – 67,843.760 UAH. The total costs – 173,408.797 UAH. The basis for calculating the costs of development and improvement per 1 m² is the estimated area equal to the area of the built-up area of Dolyna – 6 213,567 m².

Thus, the costs of development and improvement of the territory of Dolyna are:

$$173,408.797 \text{ UAH} / 6,213,567 \text{ m}^2 = 27.91 \text{ UAH/m}^2$$

The next element to determine the target price of the settlement land is the calculation of the regional coefficient Km_1 , which characterizes the dependence of rental income on the location of the settlement in the national, regional and local systems of production and resettlement, and the zone coefficient Km_2 , which characterizes the dependence of rental income on the degree of urban planning value of the city territory. The coefficient Km_1 is a product of coefficients that take into account:

$$Cl_1 = C_{i1-1} \times C_{i1-2} \times C_{i1-3} \times C_{i1-4} = 1, \quad (3)$$

where:

Cl_{1-1} – administrative status of the settlement and its place in the system of settlement in Ukraine (table 3.2 “Procedure of monetary valuation of agricultural land and human settlements” [16],

Cl_{1-2} – entering the suburbs of large cities (Table 3.2. “Procedure ...”),

Cl_{1-3} – availability of the status of a resort town (Table 3.4. “Procedure...”),

Cl_{1-4} – entering the zone of radiation contamination (Table 3.5. “Procedure ...”).

The target price per square meter of land in Dolyna is:

$$Vgm = \frac{27,91 \times 0,06}{0,03} \times 1,0 = 55,82 \text{ UAH/m}^2.$$

The scope and the amount of economic and planning zones, and the values of the coefficients Km_2 are not predetermined parameters, but the result of valuation of the settlement territory taking into considerations factors [8]. After analyzing the functional and planning structure of Dolyna 36 assessed areas have been identified.

Calculation of the complex territory valuation index of the assessed areas is done by weighing the individual indices which were calculated as a result of evaluation taking into considerations factors. To determine the weighting (calibrating) coefficients the method of correlative analysis was used (coefficients of pair correlation were weighted between the values of individual indices).

As a result of the economic and planning zoning of the settlement in Dolyna there were allocated 16 zones and calculated monetary valuation of 1m² of land within the economic and planning zones. The highest price per square meter of land – 68.66 UAH/m², the lowest – 42.42UAH/m².

The magnitude of the rental income of a particular area is influenced not only by zone factors but also local ones and the functional use of land.

Local peculiarities (Km³) of the land location within the economic and planning zone should play some importance in assessing the land. Situational land location, presence or absence of network engineering infrastructure, the location of architectural monuments or their absence on the territory of the plot may (by 1.5 times) increase or decrease its value and, thus, affect the ultimate monetary valuation of land.

According to the “Procedure ...” the maximum number of local factors that can be applied in monetary assessment is 30. All local factors are divided into six groups (functional and planning, engineering and infrastructure, geotechnical, historical and cultural, natural and landscape and sanitary), depending on the nature of their formation. Some factors (14) has a rising effect on the price of the land, and the remaining 16 factors – a lowering effect.

For example, we define normative valuation of the land for commercial use with the aim to serve the shop located in 13 Khmelnytsky Street. Total area of buildings – 75.20 m², building area – 90.00 m², building volume of a structure – 300.00 m³, area of the plot – 111 m².

Taking into account local factors and functional use, the price of the land is 17,268.27 UAH., as per 1 m² – 155.57 UAH.

For the same plot we calculate its value using an expert way.

Expert monetary valuation of the land is based on the following methodological approaches: a comparison of asked prices of similar plots, capitalization of net income, taking into consideration the costs of land improvement [2, 3, 7, 9].

According to the method, based on the comparison of asked prices of similar plots, the estimated value of land is determined at the level of the asked price of similar plots as follows:

$$C_{lp} = C_a + \sum_{\gamma=1}^m \Delta C_{a\gamma} \quad (4)$$

where:

C_{lp} – estimated value of a land plot, determined by comparing the sale price of a similar land plot, Hr.,

C_a – sale price of a similar land plot, Hr.,

m – the number of factors of comparison,

$\Delta C_{a\gamma}$ – difference (amendment) in the sale price (+, -) of a similar land plot, which is evaluated by γ factor of comparison.

Net operating income is defined as the difference between income prevailing at the market of rents for the land and its improvement, and the annual cost of maintenance and using of the land.

Within this methodological approach to the valuation of the land its two types are used: direct and indirect capitalization.

In direct capitalization of net income the estimated value of the land is given by:

$$Cd = \frac{D_o}{S_k} \quad (5)$$

where:

Cd – estimated value of a land plot determined by direct capitalization of net income, Hr.,

D_o – the annual net income (actual or expected), Hr.,

S_k – capitalization rate (coefficient).

The methodological approach based on consideration of the costs of land improvement is used in the assessment of built-up land plots providing their effective use.

$$Cn = Cs - B \quad (6)$$

where:

Cn – nominal value of land (land balance),

Cs – the expected sale price of the land plot,

B – expenses on implementation of improvements on the land plot.

Taking into account the nature of the object of assessment and the available information, to determine the estimated value of the land we use the spending methodical approach by the method of balance and distribution of income. According to the method of balance for the land, the land value is determined as the difference between the present value of the capitalized net operating income (or rental value) of the improved land plot and the cost of land improvements. The method of distribution of income involves determining of value of the land as the capitalized one at the rate specified for the land, the difference between net operating income from the improved leased land and the expected return on invested capital in land improvements. In this case, the expected revenue from land improvements is defined as the product of their value and capitalization rate for improvements.

The process of calculating the estimated value of the land due to the balance method can be divided into two stages:

1. determining the expected asked price of the built-up land by the method of capitalization of net income from the built-up land,
2. determining the costs of land improvements.

Table 1. Cost of objects-analogy leasing data

№об/п	Address	Space, m ²	Wear and tear,%	Availability of communications	Price of lease (including VAT), UAH	
					Total	1 m ² m ² m ²
1	Open joint stock company "Dolyna motor depot" Dolyna, 49, B.Khmelnytsky St. offices are leased, the ground floor of a two-storey adminbuilding, tel. 25090, the middle part of the town	46,60	30	electric lighting, water, sewerage, heating, in an average state, simple repair, common sanitary unit in the corridor	4660	100
2	Dolyna, B.Khmelnytsky St. room for a shop easy approach road from the highway Stryy – Ivano-Frankivsk tel. 0505625214	22	20	electric lighting, water, sewerage, telephone, in a good, autonomous heating	3300	100
3	Dolyna, S. Bandera St., the central part of the town, office	30	15	European-quality repair, all communications, approach road from the yard	1950	65

Profit from the built-up land is determined on the basis of the land lease of similar land property. Table 1 presents information about the premises that can be viewed as analogues for the assessed room.

Thus, the average rental rate per 1 m² of commercial premises is 51,85 UAH/ m². Annual income from the leased premises is determined by the formula 6:

$$P_n = C \times S, \quad (7)$$

where:

C – the rate of the annual rental per 1 m² of the leased premises ($C = 622,20$ UAH/ m²);

S – space of the leased room ($S = 75,20$ m²).

Thus, the potential gross profit gained from the rent of the given premises will be 46798 UAH per year.

Table 2. Annual cost of building operation and maintenance

№	Index	Value, UAH
1	Management cost	9020
2	Rental	705
3	Repair and maintenance	4800
4	Contingencies	450
	Total	14975

According to forecasting, annual costs paid by a lesser of operation and maintenance of a given building will be 14975 UAH (32% of the efficient gross profit), namely with the estimated appropriation (table 2).

Consequently, the net operating income of the build-up land will be:

$$46\,798 - 14\,975 = 21\,606 \text{ UAH.}$$

To calculate the capitalization rate we use the method of cumulative building that is to sum interests for different types of risks inherent to the object and the basic rate of interest (risk-free).

In Ukraine, it is most advisable to use in a role of the risk-free rate the rate for short-term deposits dominated in FX for legal persons of leading commercial banks. As a component of the risk-free rate of capitalization we take an average competitive rate on bank deposits of legal entities in U.S. dollar, deposit term – 1 year, that is 8 % (Table 3).

Due to the method of summarizing the capitalization rate, used as a component of a risk-free rate of deposits in land, we can see though that this rate is much higher than that one which is usually applied to the land, but in our opinion, is more real than with any other model of its definition.

Price (probable price) of the built-up land, determined by capitalizing the net income will be: $21\,606 / 0.125 = 172\,850$ UAH.

The obtained result is the sum of an object of real estate situated therein. To determine the estimated value of a plot of land it is necessary to take into account the cost of the construction of the object of real estate on a given plot of land, consisting of: the cost of designing and drainage

Table 3. Cumulative building of a capitalization rate

Rate name and compensations	The value of compensation rate
The basic rate	8,0 %
Compensation of difference in liquidity of investments	2,0 %
Compensation of differences in terms of investments	2,0 %
Compensation of necessity in investment management and competent asset management	1,5 %
Risk management inherent in land ownership	1,0 %
Compensation of inflation expectations	(-)3,0 %
Other risk remedies	1,0 %
Total	12,5 %

area, the cost of engineering preparation of the area for construction and other costs (marketing and management, the loss of agricultural production, financial services, profit of a developer).

Calculating of the cost of construction of objects of real estate on the plot involves determining the replacement cost: $B3 = 28,80 \text{ rubbles} \times 300 \text{ m}^2 = 8640 \text{ rubbles.}$

Replacement cost at current prices including the coefficient of raising the price ($K_y = 1.3$) and the coefficient for determining the premiums to the basic estimated cost of facilities, taking into account inflation $V_{zp} = 8\,640 \text{ rubbles} \times 1,3 \times 14,554 = 163\,470 \text{ UAH.}$

$\text{Kind} = 9.61 \times 1.026 \times 1.18 \times 1.009 \times 1.005 \times 1.006 \times 1.00 \times 1.09 \times 1.08 = 14.554.$

The cost of construction of the object of real estate on the plot of land makes the replacement value of the buildings and structures located on the site being valued up 245,205UAH.

Thus, the difference between the capitalized value of the build-up land and costs of development and construction of the area will be the value of the plot (relatively free of development):

$$172\,850 \text{ UAH} - 163\,470 \text{ UAH} = 9380 \text{ UAH.}$$

Thus, the expert monetary valuation of land with an area of 111 m² is determined by the income capitalization method, combined with the method of taking into consideration costs of land improvement, that is : 9380UAH (nine thousand three hundred eighty UAH), meaning 84.50 UAH per square meter of land.

CONCLUSIONS

The obtained results showed a significant difference between the normative and expert valuation of land. The use of a peer review as a mass appraisal for tax purposes is possible if there are long-term average indices for determining the value of objects. At this stage of development of market relations such data are absent.

The first task that must be assigned in the country is to form at the state level the database on the market value of

real estate objects for different oriented purposes with the aim of further use.

REFERENCES

1. **Drapikovskyy A., Ivanova I.** Evaluation of land: Prospects of its development / Law and normative acts from banking activities. – 17-21.
2. **Fedotova M., Utkin E. 2000:** REAL Evaluation of real estate and business. Tutorial. – Moscow: Publishing House “Ekmos.” – 352
3. **Harrison H.S. 1994:** Evaluation of real estate. Translation from English. – M., RIO Mosobluprpoligrafizdat, .
4. **Halanec V. 2013:** Development of agrarian politics in Ukraine in the conditions of economic crisis / V. Halanec // MOTROL. Commission of Motorization and Energetic in Agriculture – Lublin – Rzeszow, Vol. 15. No. 4. 159-166.
5. **Lysa O., Stadnyk B. 2013:** Theoretical and methodological approaches to defining assessment of quality of agricultural products / O. Lysa, B. Stadnyk // MOTROL. Commission of Motorization and Energetic in Agriculture – Lubin – Rzeszow, Vol. 15. No. 4. 120-125.
6. Methodical basis of monetary land evaluation in Ukraine: Scientific publication / Dekhtyarenko Yu.F, Lykhotrud M.G, Mantsevych Yu.M., Palekha Yu.M. – Kyiv: Profi, 2002, 256.
7. Organization of assessment and taxation of real estate: in 2 volumes /, edited by J.K. Eckert. – Moscow: RPO 1997. V.1. – 382.
8. **Palekha Yu. 2004:** Economic and geographic aspects of cost forming of populated areas. – K. Profi., 324.
9. Procedure for expert monetary valuation of land plots [electronic resource]. – <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/z0396-03>.
10. **Seminozhenko B., Telizhenko A., Sokolov N. 1999:** Privatization and evaluation of urban areas. – Sumy GDP “Mria-1” LTD, 250.
11. **Shpychak O.M., Andriychuk V.G. 2003:** Theory and practice of pricing for farmland / Survey Scientific Notes. 82-90.
12. Strategic ways of agricultural development in Ukraine for 2020 / Edited by Yu.O. Lupenko, V.Ya. Mesel-Veseliak. – K.: NSC “IAE”, 2012. 182.
13. The Appraisal of Real Estate. 10-th edition // Appraisal Institute, USA.
14. The formation of land market in Ukraine. – 2-nd edition, remade and amended. / V.G Halushko, Yu.D Bilyk, A.S. Danylenko and others; Edited by. A.S Danylenko, Yu.D. Bilyk. 280.
15. The Law of Ukraine “On Land Evaluation” [electronic resource] <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1378-15>.
16. The order of normative monetary value evaluation of agricultural lands and settlements [electronic resource] <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0388-06>.
17. Tretiak A. Formation of basic theory of land relations in Ukraine // Land Survey Scientific Notes. 5-9.
18. Valuation of land. Edited by. Stupen M. – Lviv “The New World – 2000”, 2005. 308.
19. **Vetrova N. 2012:** Ecologicheskiiy audit i ecologicheskiiy monitoring v upravlenii ecologicheskoy bezopasnostju regoina / N. Vetrova // MOTROL. Commission of Motorization and Energetic in Agriculture – Lubin, Vol. 14-1, 80-85.

Аннотация. В статье анализируется возможность использования результатов экспертной денежной оценки в качестве оценки для массового налогообложения. Приводится сравнение результатов нормативной и экспертной денежных оценок земель. Экспертная денежная оценка дает реальную стоимость земель в наше время, но отсутствие информационной базы оцениваемых объектов делает невозможным использование ее на практике для целей налогообложения.

Ключевые слова: нормативно денежная оценка, экспертная денежная оценка, массовая денежная оценка земель, земельный налог, земельный участок, рыночная стоимость, объект недвижимости.

Wpływ teksturowania powierzchni stopów tytanu na wybrane właściwości endoprotez

Monika Krzywicka, Jerzy Grudziński

Katedra Podstaw Techniki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Doświadczalna 50a, 20-280 Lublin, e-mail: monika.gruszecka@up.lublin.pl

Streszczenie. W pracy przeprowadzono analizę wpływu teksturowania powierzchni stopów tytanu stosowanych na endoprotezy na ich właściwości. Omówiono wpływ teksturowania powierzchni na właściwości tribologiczne, adhezję komórek, osteointegrację i wytrzymałość na styku implant-kość. Na podstawie opublikowanych wyników badań dobrano najkorzystniejsze kształty tekstur.

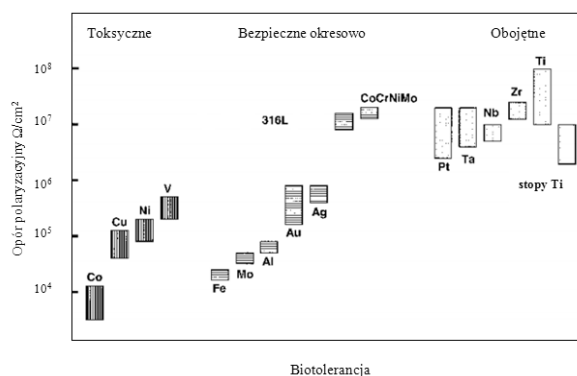
Słowa kluczowe: laserowe teksturowanie, właściwości tribologiczne, stopy tytanu.

WSTĘP

Jedną ze skutecznych metod leczenia zaawansowanej choroby zwyrodnieniowej stawu biodrowego i stawu kolanowego jest jego wymiana na sztuczny staw – endoprotezę (alloplastyka). Szacuje się, że choroba zwyrodnieniowa stawu kolanowego dotyczy 20% Europejczyków, coraz częściej ludzi młodych. Do uszkodzenia chrząstki stawowej prowadzą: nielezione urazy więzadeł, łętkotki, zakażenia bakteryjne i wirusowe, nadwaga. Uszkodzenie powierzchni stawów może być także następstwem chorób reumatycznych i tarczycy. Przyczyny zwyrodnienia stawu biodrowego mogą być spowodowane przez jego nieprawidłową budowę, urazy, często przez osteoporozę, nadwagę oraz ciężką pracę fizyczną. Problem ten dotyczy 4% osób po 60. roku życia [32-35].

Do powikłań, które mogą pojawić się po zabiegu należy zaliczyć metalozę – cząstki metalu z którego wykonana jest endoproteza przenikają do okolicznych tkanek. Metalozą powoduje niepożądane odczyny zapalne. Do najczęściej stosowanych biomateriałów metalowych należą: stal X2Cr-NiMo17-12-2, stopy Co-Cr-Mo oraz stopy tytanu. Rysunek 1 przedstawia biotolerancję (biokompatybilność, zgodność biologiczną) metali i stopów.

Biomateriały o optymalnej biotolerancji są: nietoksyczne, obojętne immunologicznie, odporne na korozję w środowisku tkanek i płynów ustrojowych, nie wywołują ostrych



Rys. 1. Biotolerancja metali i stopów w zależności od odporności korozyjnej

Fig. 1. Biotolerance metals and alloys depending on the corrosion resistance

lub chronicznych stanów zapalnych, zachowują pierwotne własności mechaniczne, fizyczne i chemiczne podczas użytkowania. Z powyższego wykresu wynika, że stopy tytanu jako jedyne z obecnie stosowanych biomateriałów metalowych na endoprotezy stawu kolanowego są obojętne dla ludzkiego organizmu nawet podczas długotrwałego użytkowania [17,22,25,31].

Endoprotezy całkowite stawu kolanowego składają się z części udowej i piszczelowej, które wykonane są ze stopu metali oraz z komponentu polietylenowego, najczęściej polietyleno o ultra wysokiej masie cząsteczkowej PE-UHMW (rys. 2) [33].

CEL PRACY

Celem pracy jest analiza wpływu teksturowania powierzchni stopów tytanu na poprawę wybranych właściwości endoprotez stawu kolanowego i wskazanie najkorzystniejszych pod względem odporności użytkowej kształtu tekstur.



Rys. 2. Endoproteza całkowita stawu kolanowego [33]

Fig. 2. Total knee joint prosthesis [33]

STOPY TYTANU STOSOWANE NA ENDOPROTEZY

Jednymi z najczęściej stosowanych biomateriałów metalicznych są stopy tytanu, które charakteryzują się wysoką odpornością korozyjną także w środowisku tkankowym, dobrymi właściwościami mechanicznymi przy niskiej gęstości, małą przewodnością elektryczną, wysoką wytrzymałością zmęczeniową, korzystną relacją granicy plastyczności do wytrzymałości na rozciąganie dochodzącą do 90%, są materiałami niemagnetycznymi i biologicznie obojętnymi. Wadą tych materiałów jest tzw. zjawisko metalozy oraz niska odporność na ścieranie [17, 22, 25, 31].

Czysty technicznie tytan ze względu na niskie właściwości wytrzymałościowe i dużą plastyczność jest rzadko stosowanym materiałem implantacyjnym. Powszechnie wykorzystywanym stopem tytanu w ortopedii jest Ti6Al4V. Wanad przechodzi do otaczających tkanek i ma właściwości cytotoksyczne. Dodatkowo bakterie *Staphylococcus epidermiae*, które są osiedlone na powierzchni mechanicznie polerowanego stopu Ti6Al4V licznie gromadzą się w miejscach o wysokim stężeniu wanadu i mogą powodować infekcje obszaru wszczep-tkanka. W stopach nowej generacji wanad został zastąpiony takimi dodatkami stopowymi jak molibden, niob, tantal czy cyrkon. Dąży się także do wyeliminowania aluminium w stopach tytanu, ponieważ ten dodatek stopowy powoduje bóle mięśni, rozmiękcza kości, uszkadza komórki nerwowe, a w konsekwencji powstają schorzenia mózgu o charakterze demencyjnym. W ostatnich latach powstały nowe stopy stosowane w alloplastyce stawowej m.in. typu Ti15Mo5Zr3Al, Ti6Al2Nb1Ta oraz niezawierające aluminium Ti35Nb5Ta7Zr, Ti13Nb13Zr. Odporność korozyjna tych stopów w środowisku organizmu ludzkiego przewyższa odporność stali austenitycznych, stopów kobaltu, a także Ti6Al4V. Dodatek takich pierwiastków jak cyrkon, molibden czy niob wpływa na polepszenie właściwości mechanicznych, cyrkon dodatkowo na zmniejszenie modułu sprężystości Younga, który dla stopu Ti6Al4V wynosi 114 GPa, a dla Ti13Nb13Zr – 76 GPa. Zmniejszenie wartości

modułu Younga ma duże znaczenie w przypadku implantów, które współpracują z kością. Niob i cyrkon są zaliczane do grup pierwiastków obojętnych, tolerowanych przez organizm nawet w dużych stężeniach, wpływają także na optymalizację wytrzymałości i sprężystości. Niob zmniejsza moduł sprężystości, ma jednak niższą wytrzymałość niż wanad. Cyrkon ma podobne właściwości chemiczne do tytanu i wpływa na umocnienie roztworu stałego [1, 6, 7, 11, 17, 22, 24, 25, 31]. Badania przeprowadzone przez Majewską i in. wykazały, że skojarzenie Ti6Al4V–PE-UHMW w porównaniu z Ti13Nb13Zr–PE-UHMW wykazuje wyższą odporność zużyciową [15].

LASEROWE TEKSTUROWANIE POWIERZCHNI STOPÓW TYTANU

Stosowane obecnie biomateriały tytanowe cechują niskie właściwości tribologiczne: duży współczynnik tarcia oraz mała odporność na zużycie ściernie. Produkty zużycia wpływają na odrzucenie implantu i mogą powodować reakcje alergiczne, zakażenia, martwicę lub prowadzić do amputacji kończyny czy śmierci pacjenta [15, 23, 24]. Zwiększenie odporności na zużycie i jednoczesna modyfikacja warstwy wierzchniej biomateriałów, która zwiększy zdolność integracji wszczepu z tkanką jest wyzwaniem dla inżynierii powierzchni [4, 5, 15, 18, 20, 23, 24, 26, 29, 31]. Endoprotezy tytanowe o większej chropowatości lub porowate lepiej integrują się z kością, intensyfikują syntezę kolagenu, korzystnie wpływają na mineralizację kości, ale elementy o gładkiej powierzchni lepiej współpracują z płynami ustrojowymi [31].

Metody mechaniczne stosowane w celu zwiększenia chropowatości powierzchni m.in. obróbka skrawaniem, piaskowanie oraz metody chemiczne m.in. utlenianie, trawienie kwasem charakteryzuje brak selektywności, dlatego korzystniejsze jest stosowanie laserowego tekstutowania powierzchni. Metody mechaniczne powodują powstawanie zanieczyszczeń, a obróbka laserowa wywołuje niepożądane efekty termiczne [9, 5].

Laserowe tekstutowanie powierzchni znacznie zmniejsza tarcie i zużycie ściernie tytanu oraz jego stopów [5, 18, 23, 24, 26, 29]. Formy destrukcji, które występują w endoprotezach to: zużycie ściernie, zmęczeniowe – pitting, odkształcenia plastyczne, pełzanie, pęknięcie i degradacja tworzywa [14, 24]. W wytworzonych teksturach gromadzą się zanieczyszczenia, co zmniejsza zużycie ściernie endoprotez [23]. Ponadto zagłębienia pełnią rolę zasobników substancji smarujących (maź stawowa) tzw. „kieszenie smarowe”. Tekstutowanie powierzchni par trących wykorzystywane jest od dawna do poprawy właściwości tribologicznych w technice [2, 3].

Istotny problem badawczy stanowi dobranie kształtu i gęstości tekstur, które mają największy wpływ na poprawę właściwości tribologicznych. W zależności od liczby impulsów lasera i ich energii można otrzymać różne kształty tekstur od niewielkich wgłębień i pagórków po kropki i mikrokolony [4, 13, 19-21, 27, 28, 30]. Cunha i in. przy pomocy lasera Yb:KYW otrzymali tekstury w postaci fal o długości 820 ± 50 nm, a stosując inną wartość fluencji

i szybkości skanowania otrzymali kształty nanokolumn z półkulistymi wierzchołkami [4]. Vorobyew i in. przy niskiej fluencji lasera i małej liczbie impulsów otrzymali nanopory lub nanowypukłości o wysokości do 20 nm, a przy dużej fluencji i małej liczbie impulsów nanostruktury o wysokości do 10 nm [30]. Nayak i in. w atmosferze próżni, helu, heksafluorku siarki lub kwasu solnego otrzymali kształty stożków o wysokości do 25 μm i średnicy zaokrąglenia wierzchołka ok. 500 nm [19]. Nieprawidłowy dobór parametrów pracy lasera powoduje uszkodzenie powierzchni. Trtica i in. przy użyciu lasera Nd:YAG, czasie trwania impulsu ok. 40 ps dla fali o długości 1064 nm po 1 impulsie o energii 23,8 J/cm² zaobserwowali uszkodzenie implantu tytanowego na którym widoczne były zakrzepłe krople materiału [27]. Oliveira i in. korzystając z poniższych wzorów (wzór 1-3) określili w jakim zakresie fluencji będą powstawały tekstury w postaci mikrokolumn [21]:

$$F(r) = \frac{2E}{\pi \cdot w_0^2} \cdot e^{-\frac{r^2}{w_0^2}}, \quad (1)$$

gdzie:

$F(r)$ – profil fluencji,

w_0 – promień wiązki lasera określony jako odległość od osi wiązki lasera do miejsca gdzie fluencja spada do $1/e^2$ maksymalnej wartości, parametr jest określany na podstawie średnicy tekstur i proggu ablacji stopu tytanu,

E – energia impulsu,

r – promień tekstury (mikrokolumny).

Jeżeli dane są promienie mikrokolumn r_1 , r_2 i energie impulsów E_1 i E_2 korzystając z poniższego wzoru można obliczyć próg fluencji dla danego kształtu tekstur:

$$F_{\text{threshold}} = F(r_1) = F(r_2) = \frac{2 \cdot E_1}{\pi \cdot w_0^2} \cdot e^{-\frac{r_1^2}{w_0^2}} = \frac{2 \cdot E_2}{\pi \cdot w_0^2} \cdot e^{-\frac{r_2^2}{w_0^2}}, \quad (2)$$

gdzie w_0 wyznacza się z zależności:

$$w_0 = \sqrt{\frac{2(r_1^2 - r_2^2)}{h \cdot E_1 / E_2}}. \quad (3)$$

WPLYW GEOMETRII TEKSTURY NA WŁAŚCIWOŚCI TRIBOLOGICZNE

Qin i in. porównywali tekstury okrągłe kwadratowe i trójkątne o różnych wymiarach. Najbardziej stabilne i najkorzystniejsze parametry posiadały tekstury okrągłe, ale dla wszystkich próbek odnotowano zmniejszenie współczynnika tarcia, zacierania i zużycia w porównaniu z nieteksturowanymi (Tabela 1) [23]. Tianchang i in. porównywali tekstury w postaci dołków o średnicy 150 μm , głębokości 40 μm i gęstości tekstur 13%, 23%, 44%. Ustalono, że współczynnik tarcia jest niższy i stabilniejszy dla tekstur o najwyższej gęstości [26]. Mitchell i in. najmniejszy współczynnik tarcia otrzymali dla kształtów owalnych tekstur, ale najmniejsze zużycie PE miało miejsce w przypadku skojarzenia z powierzchnią, na której wytworzono tekstury ko-

łowe. Istnieją również doniesienia o spadku współczynnika tarcia ze wzrostem rozmiarów tekstur [18].

Tabela 1. Efekty laserowego teksturowania powierzchni stopów stosowanych na endoprotezy

Table 1. Effects of laser texturing the surface of alloys used for endoprostheses

Laserowe teksturowanie powierzchni		
Efekt obróbki	Mechanizm poprawy właściwości	Źródło
zmniejszenie zużycia ściernego	w wytworzonych zagłębieniach gromadzą się produkty zużycia	Antoszewski [2,3] Qin i in. [23]
wytworzenie „kieszki smarowych”	tekstury pełnią rolę zasobników środka smarnego	Antoszewski [2,3]
zmniejszenie wartości współczynnika tarcia	najmniejszą i najbardziej stabilną w czasie wartość współczynnika tarcia otrzymano dla tekstur kołowych i dla najwyższej gęstości tekstur	Qin i in. [23] Tianchang i in. [26]
wzrost osteointegracji, wytrzymałości na styku implant-kość	wzrost chropowatość materiałów powoduje lepszą integrację z kością, intensyfikację syntezy kolagenu, a lepsza adhezja komórkowa przyczynia się do lepszej osteointegracji	Hacking i in. [10] Kenar i in. [12] Götz i in. [8] Man i in. [16]

Mikroobróbka laserowa ma także korzystny wpływ na adhezję komórek kostnych, zwiększa adsorpcję, rozpraszanie płynów biologicznych, osteointegrację i wytrzymałość na styku implant-kość [4, 20, 24]. Hacking i in. porównali apozycję kości na powierzchni implantów teksturowanych (61,9% \pm 19,8%) i wypolerowanych (42% \pm 21%). Po 14 tygodniach ekspozycji w organizmie małpy zaobserwowano lepszą osteointegrację dla implantów teksturowanych [10]. Badania przeprowadzone przez Kenar i in. także wskazują na lepszą adhezję komórek kostnych do powierzchni implantów poddanych teksturowaniu laserowemu. Uważa się, że adhezja komórkowa przyczynia się do lepszej osteointegracji przez zmniejszenie osteolizy [12]. Götz i in. wykonali tekstury o średnicy porów 100, 200 i 300 nm na powierzchni stopu Ti6Al4V. Z przeprowadzonych przez nich badań wynika, że najkorzystniej na osteointegrację wpływają pory o średnicy 200 nm [8]. Man i in. uważają, że laserowe teksturowanie powierzchni powoduje wzrost adhezji na styku implant-kość [16].

Najważniejsze czynniki mające wpływ na właściwości tribologiczne to gęstość i kształt tekstur. Najmniejsze zużycie ściernie odnotowywano dla tekstur kołowych lub owalnych o dużej gęstości. Najwyższa wartość gęstości tekstur jaka była analizowana w przedstawionym przeglądzie literatury wynosiła 44% i przy określonym obciążeniu próbki te posiadały niższy współczynnik tarcia niż próbki o gęstości tekstur 13% czy 23% [26].

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Wyniki analizowanych badań potwierdziły przydatność teksturowania powierzchni stopów tytanu jako meto-

dy poprawy nie tylko właściwości tribologicznych. Wśród opisywanych w literaturze technologii teksturowania jako szczególnie perspektywiczną należy uznać teksturowanie laserowe. W wyniku precyzyjnego teksturowania laserowego powierzchni stopów tytanu można otrzymać tekstury o ściśle określonych kształtach i wymiarach. Na podstawie przeprowadzonego przeglądu literatury można wnioskować, że zagłębienia kołowe lub owalne o dużej gęstości najkorzystniej wpływają na poprawę właściwości tribologicznych.

Przedstawione założenia zostaną zweryfikowane eksperymentalnie według ustalonego planu doświadczenia.

LITERATURA

1. **Abdel-Hady Gepreela M., Niinomib M., 2013:** Biocompatibility of Ti-alloys for long-term implantation. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, vol. 20, 407-415.
2. **Antoszewski B., 2009:** Kształtowanie własności eksploatacyjnych pary ślizgowej poprzez zmiany geometrycznej tekstury powierzchni. *MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa*, vol. 11 C, 13-21.
3. **Antoszewski B., 2010:** Warstwy powierzchniowe z teksturą – kształtowanie wybranymi technologiami wiązkowymi oraz właściwości tribologiczne. Kielce: Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej.
4. **Cunha A., Serro A.P., Oliveira V., Almeida A., Vilar R., Durrieu M.Ch., 2013:** Wetting behaviour of femtosecond laser textured Ti-6Al-4V surfaces. *Applied Surface Science*, vol. 265, 688-696.
5. **Erdoğan M., Öktem B., Kalaycıoğlu H., Yavaş S., Mukhopadhyay P.K., Eken K., Ozgören K., Aykaç Y., Tazebay U.H., İlday F.Ö., 2011:** Texturing of titanium (Ti6Al4V) medical implant surfaces with MHz-repetition-rate femtosecond and picosecond Yb-doped fiber lasers. *Optics Express*, vol. 11, 10986-10996.
6. **Geetha M., Singh A.K., Gogia A.K., Asokamani R., 2004:** Effect of thermomechanical processing on evolution of various phases in Ti-Nb-Zr alloys. *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 384, 131-144.
7. **Geetha M., Singh A.K., Gogia A.K., Asokamani R., 2009:** Ti based biomaterials, the ultimate choice for orthopaedic implants – A review. *Progress in Materials Science*, vol. 54, 397-425.
8. **Götz H.E., Müller M., Emmel A., Holzwarth U., Erben R.G., Stangl R., 2004:** Effect of surface finish on the osseointegration of laser-treated titanium alloy implants. *Biomaterials*, vol. 25, issue 18, 4057-4064.
9. **Gruszecka M., Grudziński J., Stepniowski A., 2013:** Analiza metod teksturowania powierzchni krzemu krystalicznego stosowanego w fotowoltaice. *MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa*, vol. 15, no. 1, 41-46.
10. **Hacking S.A., Boyraz P., Powers B.M., Sen-Gupta E., Kucharski W., Brown C.A., Cook E.P., 2012:** Surface roughness enhances the osseointegration of titanium headposts in non-human primates. *Journal of Neuroscience Methods*, vol. 211, issue 2, 237-244.
11. **Jeong Y.-H., Choe H.Ch., Brantley W.A., 2011:** Nanostructured thin film formation on femtosecond laser-textured Ti-35Nb-xZr alloy for biomedical applications. *Thin Solid Films*, vol. 519, 4668-4675.
12. **Kenar H., Akman E., Kacar E., Demir A., Park H., Abdul-Khaliq H., Aktas C., Karaoz E., 2013:** Femtosecond laser treatment of 316L improves its surface nanoroughness and carbon content and promotes osseointegration: An in vitro evaluation. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, vol. 108, 305-312.
13. **Kovalchenko A., Ajayi O., Erdemir A., Fenske G., Etsion I., 2005:** The effect of laser surface texturing on transitions in lubrication regimes during unidirectional sliding contact. *Tribology International*, vol. 38, 219-225.
14. **Madej M., 2013:** Właściwości systemów tribologicznych z powłokami diamentopodobnymi. Kielce: Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej.
15. **Majkowska B., Jazdzewska M., Miotke D., Zieliński A., 2013:** Ocena odporności na zużycie ścierne stopów Ti na elementy pary trącej endoprotez stawu kolanowego. *Inżynieria Materiałowa*, vol. 5, 501-504.
15. **Man H.C., Chiu K.Y., Guo X., 2010:** Laser surface micro-drilling and texturing of metals for improvement of adhesion joint strength. *Applied Surface Science*, vol. 256, issue 10, 3166-3169.
16. **Milewski G., 2012:** Biomateriały. Kraków: Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej.
17. **Mitchell N., Eljach C., Lodge B., Sharp J.L., DesJardins J.D., Kennedy M.S., 2012:** Single and reciprocal friction testing of micropatterned surfaces for orthopedic device design. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, vol. 7, 106-115.
18. **Nayak B.K., Gupta M.C., Kolasinski K.W., 2008:** Formation of nano-textured conical microstructures in titanium metal surface by femtosecond laser irradiation. *Applied Physics A*, vol. 90, 399-402.
19. **Oliveira V., Ausset S., Vilar R., 2009:** Surface micro/nanostructuring of titanium under stationary and non-stationary femtosecond laser irradiation. *Applied Surface Science*, vol. 255, 7556-7560.
20. **Oliveira V., Cunha A., Vilar R., 2010:** Multi-scaled femtosecond laser structuring of stationary titanium surfaces. *Journal of optoelectronics and advanced materials*, vol. 3, 654-658.
21. **Ozwoniarek J., Wiśniewska-Weinert H., Leshchynsky V., Kędzia Ł., Gierzyńska-Dolna M., 2006:** Nowe rozwiązania w zakresie biotribologii i biomateriałów. *Obróbka Plastyczna Metali*, t. XVII, vol. 3, 30-36.
22. **Qin L., Lin P., Zhang Y., Dong G., Zeng Q., 2013:** Influence of surface wettability on the tribological properties of laser textured Co-Cr-Mo alloy in aqueous bovine serum albumin solution. *Applied Surface Science*, vol. 268, 79-86.
23. **Ramos Saenz C.R., Sundaram P.A., Difffoot Carlo N., 2010:** Tribological properties of Ti-based alloys in a simulated bone-implant interface with Ringer's solution at fretting contacts. *Journal of the mechanical behavior of biomedical material*, vol. 3, 549-558.

24. **Surowska B., 2009:** Biomateriały metalowe oraz połączenia metal-ceramika w zastosowaniach stomatologicznych. Lublin: Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej.
25. **Tianchang Hu, Litian Hu, Qi Ding, 2012:** Effective solution for the tribological problems of Ti-6Al-4V: Combination of laser surface texturing and solid lubricant film. *Surface & Coatings Technology*, vol. 206, 5060-5066.
26. **Trtica M., Gakovic B., Batani D., Desai T., Panjan P., Radak B., 2006:** Surface modifications of a titanium implant by a picosecond Nd:YAG laser operating at 1064 and 532 nm. *Applied Surface Science*, vol. 253, 2551-2556.
27. **Tsukamoto M., Asuka K., Nakano H., Hashida M., Katto M., Abe N., Fujita M., 2006:** Periodic microstructures produced by femtosecond laser irradiation on titanium plate. *Vacuum*, vol. 80, 1346-1350.
28. **Voevodin A.A., Zabinski J.S., 2006:** Laser surface texturing for adaptive solid lubrication. *Wear*, vol. 261, 1285-1292.
29. **Vorobyev A.Y., Guo Ch., 2007:** Femtosecond laser structuring of titanium implants. *Applied Surface Science*, vol. 253, 7272-7280.
30. **Wierzchoń T., Czarnowska E., Krupa D., 2004:** Inżynieria powierzchni w wytwarzaniu biomateriałów tytanowych. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
31. www.klinika.net.pl, dostęp 26.06.2014
32. http://www.medgal.com.pl/pl,ms-endoproteza_stawu_kolanowego__ceragyr-0-endoprotezy_stawu_kolanowego-produkty.html, dostęp 26.06.2014
33. www.poradnikzdrowie.pl/szukaj/zwyrodnienie-stawu-biodrowego/, dostęp 26.06.2014
34. www.poradnikzdrowie.pl/zdrowie/kregoslup/zwyrodnienie-stawow-kolanowych-przyczyny-i-leczenie_38339.html, dostęp 26.06.2014

THE INFLUENCE OF SURFACE TEXTURING
TITANIUM ALLOYS ON SELECTED PROPERTIES
OF IMPLANTS

Summary. The paper shows the impact of surface texturing titanium alloys used in endoprosthesis on their properties. The influence of surface texturing on the tribological properties, cell adhesion and strength of osseointegration at the intersection of the implant-bone were analysed. Based on published studies, the best shapes of the texture were chosen.

Key words: laser texturing, titanium alloys, tribological properties.

Określenie zależności między ciśnieniem a parametrami zagęszczania wybranych roślin energetycznych

Ryszard Kulig¹, Grzegorz Łysiak¹, Stanisław Skonecki¹
Zbigniew Kobus², Leszek Rydzak², Tomasz Guz²

¹Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego, ²Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin; e-mail: ryszard.kulig@up.lublin.pl

Streszczenie. Przedstawiono wyniki badań efektywności zagęszczania topinamburu i mozgi trzcinowatej. Oceniono podatność badanych materiałów na proces aglomerowania ciśnieniowego w zależności od stosowanego ciśnienia zagęszczania (od 45 do 113 MPa).

Zagęszczanie przeprowadzono przy wykorzystaniu maszyny wytrzymałościowej Zwick typ Z020/TN2S i zespołu prasującego z matrycą zamkniętą. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem ciśnienia rosła gęstość materiału w komorze i gęstość aglomeratu (przeciętnie o 26%) oraz zwiększała się odporność mechaniczna produktu (średnio o 83%). Zwiększanie ciśnienia zagęszczania w analizowanym przedziale powodowało wzrost wartości jednostkowej pracy zagęszczania średnio o 72%.

Słowa kluczowe: topinambur, mozga trzcinowata, zagęszczanie, energochłonność aglomerowania ciśnieniowego, jakość aglomeratów.

[2]. W literaturze przedmiotu brak jest jednoznacznej oceny podatności wyżej wymienionych gatunków roślin energetycznych na proces aglomerowania ciśnieniowego.

W procesie wytwarzania kompaktowanych biopaliw stałych szczególnego znaczenia nabiera wartość stosowanego ciśnienia zagęszczania (jednostkowego nacisku tłoka) [10, 11, 12]. We wcześniejszych pracach przedstawiono wyniki badań wpływu tego parametru na efektywność zagęszczania ciśnieniowego biomasy różnego pochodzenia [8, 14, 15]. Niniejsza praca stanowi kontynuację badań prowadzonych w tym zakresie. Stąd też za cel pracy przyjęto określenie wpływu jednostkowego nacisku tłoka na parametry procesu zagęszczania rozdrobnionej biomasy topinamburu i mozgi trzcinowatej.

WSTĘP

Biomasa jako surowiec do produkcji biopaliw stałych może pochodzić zarówno z drewna, jak też ze źródeł rolniczych. Niemniej jednak istniejące ograniczenia możliwości wykorzystania drewna opałowego z lasów oraz drewna odpadowego z przemysłu, wymuszają konieczność szerszego stosowania do produkcji biopaliw stałych biomasy pochodzącej z rolnictwa [4, 5, 7]. Dobrym rozwiązaniem dla pozyskiwania biomasy nieleśnej mogą być celowe uprawy roślin energetycznych. Wśród nich szczególnym uznaniem cieszą się rośliny należące do wieloletnich traw i bylin takie jak mozga trzcinowata i topinambur [1, 3, 6]. Są to gatunki o znacznej trwałości i wysokim plonowaniu. Rośliny te zarówno w energetyce, jak i w krajowym ustawodawstwie [16] traktowane są jako gatunki wykorzystywane na cele energetyczne [4].

Efektywne wykorzystanie biomasy roślinnej w energetyce wiąże się z koniecznością zmiany jej postaci w aglomeraty, co zapewnia odpowiednie „zagęszczenie energii”

MATERIAŁY I METODY

Surowce będące materiałem badawczym (topinambur i mozga trzcinowata) cięto na sieczkę o długości 20 mm. Następnie tak przygotowany materiał rozdrabniano przy wykorzystaniu rozdrabniacza bijakowego (typ ML-500), zaopatrzonego w sito o średnicy otworów f 4 mm. Zagęszczanie wykonano dla surowca o wilgotności 12%.

W badaniach zagęszczania wykorzystano maszynę wytrzymałościową ZWICK typ Z020/TN25 oraz zespół prasujący z matrycą zamkniętą. Badania te wykonano zgodnie z metodyką przedstawioną przez Laskowskiego i Skoneckiego [9]. Zastosowano matrycę o średnicy komory d wynoszącej 15 mm, w której zagęszczano materiał o masie 2 g. Temperatura cylindra (materiału zagęszczanego) wynosiła 20°C, a prędkość przemieszczania tłoka 10 mm·min⁻¹. Zagęszczanie prowadzono dla pięciu wartości maksymalnej siły zagęszczania tj. 8, 11, 14, 17 i 20 kN, co odpowiadało następującym wartościom ciśnienia zagęszczania: 45, 62, 79, 96 i 113 MPa. Zagęszczanie prowadzono każdorazowo w trzech powtórzeniach.

Efektom pomiaru była krzywa tzw. charakterystyka zagęszczania – zależność siły zagęszczania od przemieszczenia tłoka. Z krzywej wyznaczono maksymalną gęstość materiału w komorze ρ_c , całkowitą pracę zagęszczania L_c . Obliczono współczynnik podatności materiału na zagęszczanie k_c ($k_c = L_c \cdot (\rho_c - \rho_n)^{-1}$, gdzie: $L_c' = L_c \cdot m^{-1}$ – jednostkowa praca zagęszczania, m – masa próbki materiału, ρ_n – gęstość początkowa materiału w stanie zsypanym). Dla otrzymanego brykietu określono gęstość aglomeratu po 48 h. przechowywania ρ_a .

Ponadto, dla oceny spadku gęstości aglomeratu w wyniku ekspansji zwrotnej obliczono wskaźnik rozprężenia aglomeratu S_{ra} jako iloraz gęstości ρ_a i ρ_c ($S_{ra} = \rho_a \cdot \rho_c^{-1}$).

Następnie określano jakość aglomeratu ze względu na wytrzymałość mechaniczną. Wyznaczono tzw. odporność mechaniczną aglomeratu w teście ściskania „brazylijskim”. W badaniach wykorzystano maszynę wytrzymałościową ZWICK Z020/TN2S. Odporność mechaniczną σ_n [MPa] obliczono ze wzoru [13]:

$$\sigma_n = \frac{2F_n}{\pi dl} \quad (\text{MPa}), \quad (1)$$

gdzie:

d – średnica aglomeratu [mm],

l – długość aglomeratu [mm],

F_n – siła niszcząca aglomerat [N].

WYNIKI BADAŃ

Równania regresji, opisujące zależności badanych parametrów procesu od ciśnienia zagęszczania zestawiono w tab. 1.

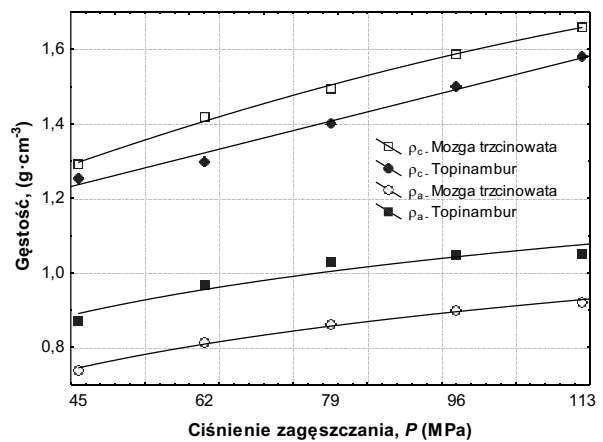
Tabela 1. Równania regresji opisujące zależność gęstości ρ_c , ρ_a , pracy L_c , współczynnika k_c , wskaźnika rozprężenia aglomeratu S_{ra} i odporności mechanicznej δ_m od ciśnienia zagęszczania P oraz wartości współczynnika determinacji R^2

Table 1. Regression equations describing the correlations between density ρ_c , ρ_a , compactive effort L_c , coefficient k_c , degree of expansion of agglomerate S_{ra} and mechanical strength δ_m and compaction pressure P and the values of determination coefficient R^2

Cecha	Surowiec	Równanie regresji	R^2
Gęstość materiału w komorze, ρ_c	Mozga t.	$\rho_c = 0,006P + 1,07$	0,989
	Topinambur	$\rho_c = 0,005P + 1,01$	0,987
Gęstość aglomeratu po 48 godz., ρ_a	Mozga t.	$\rho_a = 0,199 \ln P - 0,013$	0,992
	Topinambur	$\rho_a = 0,201 \ln P + 0,126$	0,915
Wskaźnik rozprężenia aglomeratu, S_{ra}	Mozga t.	$S_{ra} = 0,28 \ln P - 0,759$	0,988
	Topinambur	$S_{ra} = 0,188 \ln P - 0,304$	0,969
Odporność mechaniczna aglomeratu, δ_m	Mozga t.	$\delta_m = 0,223 \ln P - 0,623$	0,996
	Topinambur	$\delta_m = 0,295 \ln P - 0,704$	0,964
Praca zagęszczania, L_c	Mozga t.	$L_c' = 0,161P + 8,914$	0,992
	Topinambur	$L_c' = 0,2P + 9$	0,989
Współczynnik podatności materiału na zagęszczanie, k_c	Mozga t.	$k_c = 0,103P + 7,46$	0,956
	Topinambur	$k_c = 0,115P + 8,692$	0,998

Analiza regresji ($\alpha_1=0,01$) wykazała, że otrzymane zależności mogą być opisane równaniami liniowymi lub równaniami logarytmicznymi. Zależności te przedstawiono na rysunkach 1-4.

Wyniki badań zobrazowane na rys. 1 wskazują, że zwiększenie ciśnienia zagęszczania od 45 do 113 MPa powodowało wzrost gęstości materiału w komorze ρ_c . Zakres zmienności analizowanego parametru wynosił od 1,255 do 1,661 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$.



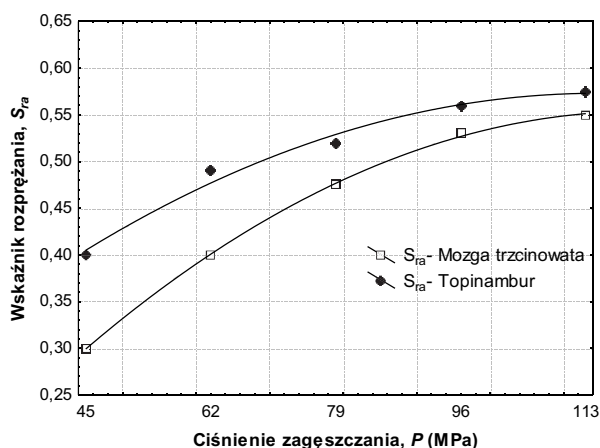
Rys. 1. Zależność między gęstością materiału w komorze zagęszczania (ρ_c) i gęstością aglomeratu (ρ_a) a ciśnieniem zagęszczania (P)

Fig. 1. Correlation between material density in the chamber (ρ_c), agglomerate density (ρ_a) and compaction pressure (P)

Za każdym razem wyższą wartość gęstości otrzymywano dla mozgi trzciniowatej. Fakt ten przypuszczalnie wynikał z tego, iż topinambur w stanie naturalnym występuje w postaci zdrewniałych łodyg. Stąd też twarde włókna, zawarte w tym surowcu, powodowały uzyskiwanie mniejszych gęstości materiału w komorze w porównaniu z mozgą trzciniowatą. Niemniej jednak gęstość aglomeratu po wyjęciu z komory zagęszczania i przechowywaniu była wyższa w przypadku topinamburu (zakres zmienności od 0,871 do 1,051 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$). Natomiast gęstość aglomeratu z mozgi trzciniowatej zawierała się w przedziale od 0,739 do 0,922 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Największy wzrost gęstości ρ_a następował w przedziale ciśnienia 45 – 96 MPa. Z kolei dalsze zwiększanie ciśnienia praktycznie nie przyczyniało się do wzrostu gęstości otrzymywanego aglomeratu. W odniesieniu do ciśnień 96 i 113 MPa, otrzymane różnice w wartościach parametru r_a , były statystycznie nieistotne ($p>0,01$).

Zmiany wskaźnika rozprężenia aglomeratu w zależności od ciśnienia zagęszczania zobrazowano na rys. 2. Uzyskane wartości parametru S_{ra} mieściły się w przedziale od 0,311 do 0,575 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Przedstawione wyniki zdają się potwierdzać prawidłowość wykazaną dla zmian gęstości aglomeratu po przechowywaniu (rys.1). Wyższe wartości S_{ra} otrzymane dla topinamburu, świadczą o tym, iż aglomerat wytworzony z tego surowca ulegał w mniejszym stopniu swobodnemu rozprężaniu niż produkt otrzymany z mozgi trzciniowatej. W konsekwencji dzięki temu osiągał wyższe wartości gęstości. Dla obydwu badanych materiałów, tak jak w przypadku zmian gęstości r_a , największy wzrost

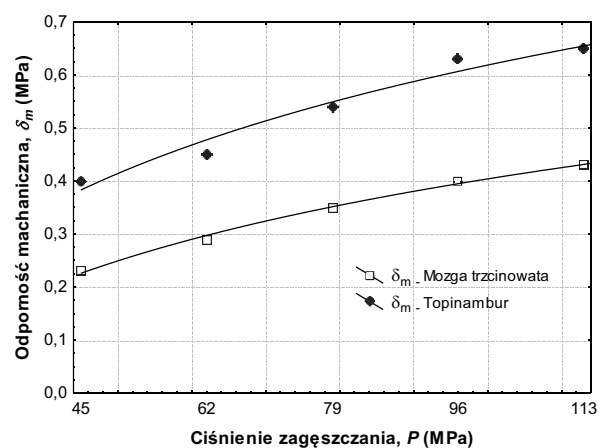
wartości parametru S_{ra} następował w przedziale ciśnienia 45–96 MPa.



Rys. 2. Zależność między wskaźnikiem rozprężenia aglomeratu (S_{ra}) a ciśnieniem zagęszczenia (P)

Fig. 2. Correlation between degree of expansion of agglomerate (S_{ra}) and compaction pressure (P)

Mniejsze rozprężenie aglomeratu, uzyskiwane w wyniku zwiększania ciśnienia zagęszczenia, wpływało dodatnio na wytrzymałość mechaniczną uzyskanych produktów. Wyniki badań odporności mechanicznej wykazały, że wraz ze wzrostem ciśnienia rosła wytrzymałość mechaniczna aglomeratu niezależnie od surowca (rys. 3).



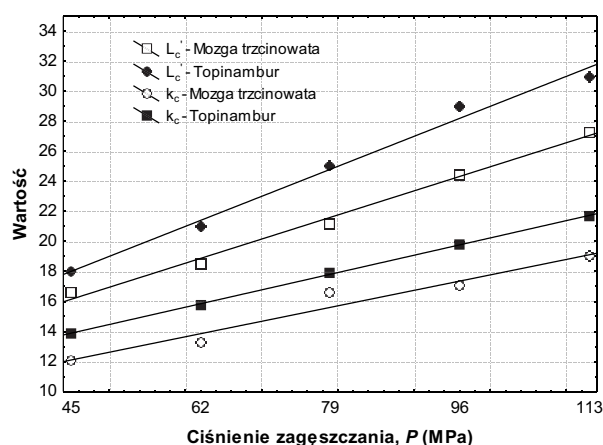
Rys. 3. Zależność między odpornością mechaniczną aglomeratu (δ_m) a ciśnieniem zagęszczenia (P)

Fig. 3. Correlation between mechanical strength of agglomerate (δ_m) and compaction pressure (P)

Najwyższą odpornością mechaniczną (0,65 MPa) cechował się aglomerat z topinamburu otrzymany podczas stosowania ciśnienia 113 MPa. Natomiast najniższą wartość analizowanego parametru (0,23 MPa) przyjmował produkt wytworzony z mozgi, zagęszczanej przy ciśnieniu 45 MPa.

Z kolei wyniki badań przedstawione na rys. 4. wskazują, że otrzymywanie aglomeratów o największej gęstości i odporności mechanicznej wiązało się za każdym razem z ponoszeniem większych nakładów energetycznych. Zwiększenie jednostkowego nacisku tłoka powodowało zwiększenie jednostkowej pracy zagęszczenia dla każdego badanego

surowca. Wartość pracy L_c zawierała się w przedziale od 16,66 J·g⁻¹ dla ciśnienia 45 MPa (mozga trzciniowata) do 31,23 J·g⁻¹ dla ciśnienia 113 MPa (topinambur). Należy również zauważyć, że wyższą energochłonnością (średnio o 16%) charakteryzowało się przetwarzanie topinamburu. Prawdopodobnie taka występować w całym badanym przedziale ciśnienia zagęszczenia. Tak więc i w tym przypadku dało się zaobserwować, że obecność twardych włókien w topinamburze wpływała prawdopodobnie na wzrost współczynnika tarcia materiału w komorze zagęszczenia. Stąd też podatność topinamburu na zagęszczenie była mniejsza od podatności mozgi trzciniowatej o czym świadczą otrzymane wartości współczynnika k_c (rys. 4).



Rys. 4. Zależność między jednostkową pracą zagęszczenia (L_c) i współczynnikiem podatności materiału na zagęszczenie (k_c) a ciśnieniem zagęszczenia (P)

Fig. 4. Correlation between compaction effort (L_c), coefficient of susceptibility to compaction (k_c) and compaction pressure (P)

WNIOSKI

Na podstawie wyników badań można sformułować następujące wnioski:

1. Wykazano, iż gęstość materiału w komorze zagęszczenia rośnie w całym badanym przedziale zmienności ciśnienia przeciętnie o 25 %.
2. Wzrost ciśnienia zagęszczenia w przedziale 45-96 MPa powoduje zwiększenie gęstości aglomeratu (przeciętnie o 26%) oraz wartości wskaźnika rozprężenia aglomeratu (średnio o 51%). Natomiast dalsze zwiększanie ciśnienia nie przynosi istotnych statystycznie zmian wartości analizowanych parametrów.
3. Stwierdzono, że zwiększanie ciśnienia zagęszczenia w badanym przedziale, przyczynia się do wzrostu wytrzymałości mechanicznej otrzymywanych aglomeratów – średnio o 83%. Wyższe wartości parametru (przeciętnie o 54%) stwierdzono w odniesieniu do produktu otrzymanego z topinamburu.
4. Jednostkowa praca zagęszczenia oraz współczynnik materiału na zagęszczenie zwiększają się wraz ze wzrostem ciśnienia zagęszczenia. Średnie zmiany w pierwszym przypadku wynoszą 72%, a w drugim 56%.

LITERATURA

1. **Czczko R., 2011:** Porównanie stopnia uwodnienia różnych części *helianthus tuberosus* aspekcie ich przydatności jako biopaliwa. Ochrona środowiska i zasobów naturalnych, nr 49:521-524.
2. **Hejft R., 2002:** Ciśnieniowa aglomeracja materiałów roślinnych. Politechnika Białostocka. Wyd. i Zakład Poligrafii Instytutu Technologii Eksploatacji w Radomiu.
3. **Komorowicz M., Wróblewska H., Pawłowski J., 2009:** Skład chemiczny i właściwości energetyczne biomasy z wybranych surowców odnawialnych. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, nr 40:402-410.
4. **Kościk B., 2003:** Rośliny energetyczne. Wydawnictwo AR w Lublinie.
5. **Kowalczyk-Juško A., Kulig R., Laskowski J., 2011.** The influence of moisture content of selected energy crops on the briquetting process parameters. Teka Commission of Motorization and Energetics in Agriculture, vol 11:189-196.
6. **Książek J., Faber A., 2007:** Ocena możliwości pozyskiwania biomasy z mozgi trzcinowatej na cele energetyczne. Łąkarstwo w Polsce, 10:141-148.
7. **Kulig R., Laskowski J., 2011:** The effect of preliminary processing on compaction parameters of oilseed rape straw. Teka Commission of Motorization and Energetics in Agriculture, vol. 11:209-217.
8. **Kulig R., Skonecki S., Łysiak G., Laskowski J., Rudy S., Krzykowski A., Nadulski R., 2013:** The effect of pressure on the compaction parameters of oakwood sawdust enhanced with a binder. Teka Commission of Motorization and Energetics in Agriculture, vol. 13:83-88.
9. **Laskowski J., Skonecki S., 2001.** Badania procesów aglomerowania surowców paszowych – aspekt metodyczny. Inżynieria Rolnicza, nr. 2(22), 187-193.
10. **Li Y., Liu H., 2000:** High pressure densification of wood residues to form an upgraded fuel. Biomass and Bioenergy, vol. 19(3), 177-186.
11. **Mani S., Tabil L.G., Sokhansanj S., 2006:** Effects of compressive force, particle size and moisture content on mechanical properties of biomass pellets from grasses. Biomass and Bioenergy, vol. 30(7), 648-654.
12. **Relova I., Vignote S., León M. A., Ambrosio Y., 2009:** Optimisation of the manufacturing variables of sawdust pellets from the bark of *Pinus caribaea* Morelet: Particle size, moisture and pressure. Biomass and Bioenergy, vol. 33:1351-1357.
13. **Ruiz G., Ortiz M., Pandolfi A., 2000:** Three-dimensional finite-element simulation of the dynamic Brazilian tests on concrete cylinders. Int. J. Numer. Meth. Engng., 48:963-994.
14. **Skonecki S., Kulig R., 2011.** Wpływ wilgotności biomasy roślinnej i nacisku tłoka na parametry brykietowania i wytrzymałość aglomeratu. Autobusy, Technika, Eksploatacja, Systemy transportowe, 10:375-386.
15. **Skonecki S., Kulig R., Łysiak G., Laskowski J., Różyło R., 2013:** The effect of material moisture content and chamber diameter on compaction parameters of meadow grass Journal of research and applications in agricultural engineering, vol. 58 (2), 149-153.
16. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 14 marca 2008 r. w sprawie plonów reprezentatywnych roślin energetycznych w 2008 r.

DEPENDENCIES BETWEEN THE PRESSURE
AND THE BRIQUETTING PROCESS PARAMETERS
SELECTED ENERGY CROPS

Summary. The following paper examines the outcomes of pressure agglomeration process of some energy crops (woodland sunflower and reed canary grass). The materials susceptibility to compaction was assessed depending on the compaction pressure (from 45 to 113 MPa). The experiments were performed with the use of the ZWICK Z020/TN2S universal strength tester and a closed compression die assembly. It has been found that increase in pressure led to an increase in material density in the compression chamber and agglomerate density (by 26% on average) and increases the mechanical strength of the product (by 83% on average). Higher compaction pressure increased the demand for compaction energy by 72% on average.

Key words: woodland sunflower, reed canary grass, compaction, pressure agglomeration energy consumption, briquette quality.

Ocena jakości pracy wybranych rozpylaczy płaskostrumieniowych w aspekcie poprzecznej nierównomierności oprysku

Dariusz Lodwik, Jerzy Pietrzyk

Politechnika Warszawska, Wydział Budownictwa, Mechaniki I Petrochemii w Płocku, Instytut Inżynierii Mechanicznej ul. Łukasiewicza 17, 09-400 Płock, e-mail: darlo@pw.plock.pl; j.pietrzyk@pw.plock.pl

Streszczenie. W artykule przedstawiono porównanie jakości pracy dwóch typów rozpylaczy produkcji polskiej i niemieckiej. Wykonano pomiary na zautomatyzowanym stanowisku laboratoryjnym mające na celu wyznaczenie rozkładu poprzecznego cieczy dla losowo wybranych egzemplarzy obu typów. Jako kryterium oceny jakości pracy badanych typów rozpylaczy przyjęto wartości wskaźnika CV nierównomierności rozkładu poprzecznego cieczy. Stwierdzono, że rozpylacze produkcji niemieckiej charakteryzują się mniejszymi wartościami wskaźnika CV w porównaniu z rozpylaczami produkcji polskiej.

Słowa kluczowe: ochrona roślin; rozpylacz, opryskiwanie; stanowisko badawcze; nierównomierność poprzeczna oprysku, wskaźnik CV.

częściej stosowane w opryskiwaniu upraw polowych ze względu na możliwości aplikacyjne dawek cieczy użytkowej w dobrych lub przeciętnych warunkach pogodowych i terenowych, [1].

CEL PRACY

Celem pracy było porównanie jakości pracy dwóch typów rozpylaczy płaskostrumieniowych: EŻK 110-03 firmy polskiej MMat i AirMix 110-03 niemieckiej firmy Agrotop przy wykorzystaniu oceny wskaźnika CV nierównomierności rozkładu poprzecznego cieczy wyznaczonego dla belki opryskowej wyposażonej w badany typ rozpylaczy.

WPROWADZENIE

Efektywność, skuteczność i bezpieczeństwo wykonywania zabiegów chemicznej ochrony roślin uwarunkowana jest w głównej mierze właściwym stanem technicznym zespołów i podzespołów opryskiwaczy w połączeniu z optymalną regulacją ich podstawowych parametrów roboczych, [5]. Jednym z najważniejszych podzespołów opryskiwacza są rozpylacze, a ich duża różnorodność umożliwia właściwy dobór w zależności od wymaganej dawki cieczy użytkowej, kroplistości oraz warunków wykonywania zabiegu. Od trafności tego doboru, a w szczególności parametrów pracy i stanu technicznego rozpylaczy zależy biologiczny efekt, a przede wszystkim skuteczność zabiegu opryskiwania, [6]. Niezmiennie ważną oceną jakości pracy rozpylaczy jest poprzeczna nierównomierność oprysku charakteryzowana tzw. wskaźnikiem CV. Wskaźnik ten wyznaczany jest na podstawie wyników pomiarów na znormalizowanym stole rowkowym prowadzonych wg zaleceń norm ISO oraz obowiązujących w kraju procedur inspekcji opryskiwaczy polowych. Dopuszczalna wartość wskaźnika CV w Polsce wynosi 10%, [1]. Rozpylacze płaskostrumieniowe są naj-

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono w laboratorium Instytutu Inżynierii Mechanicznej Fili Politechniki Warszawskiej w Płocku. Przedmiotem badań były dwa typy rozpylaczy płaskostrumieniowych: eżektorowe polskiej firmy MMat o oznaczeniu EŻK 110-03 oraz inżektorowe niemieckiej firmy Agrotop o oznaczeniu AirMix 110-03. Pomiary rozkładu poprzecznego cieczy wykonano na zautomatyzowanym stanowisku laboratoryjnym wyposażonym w stół rowkowy o szerokości rowka równej 25mm, [7]. Widok stanowiska laboratoryjnego przedstawiono na rysunku 1. Testowano po 7 losowo wybranych egzemplarzy każdego z wymienionych typów. Wykonano po trzy powtórzenia dla każdego z egzemplarzy przy stałym ciśnieniu cieczy równym 3 bary oraz wysokości 400, 500 i 600 mm nad powierzchnią stołu rowkowego.

Jako kryterium oceny jakości pracy badanych typów rozpylaczy przyjęto wskaźnik CV nierównomierności rozkładu poprzecznego cieczy. Wartości tego wskaźnika wyznacza się zarówno dla pojedynczych rozpylaczy jak



Rys. 1. Widok ogólny stanowiska laboratoryjnego, [7]
Fig. 1. General view of the test station, [7]

i dla określonego odcinka belki opryskowej wyposażonej w jeden typ rozpylaczy. Wyznaczane wartości wskaźnika CV dla pojedynczych rozpylaczy spełniają rolę porównawczą, natomiast wyznaczone dla odcinka belki opryskowej stają się bezpośrednią oceną jakości oprysku. Do wyznaczenia tej oceny wykorzystano wyniki pomiarów dla każdego z badanych egzemplarzy pojedynczych rozpylaczy. Objętości cieczy zebrane z rowków o szerokości 25 mm umożliwiają zbudowanie tzw. „wirtualnej” belki opryskowej (złożenie strumieni z obszaru pełnego ich pokrycia) i zagregowanie ich do szerokości rowka równej 100 mm (zgodnie z wymaganiami norm ISO). Objętości cieczy pochodzące z sąsiadujących ze sobą rozpylaczy na „wirtualnej” belce agreguje się w taki sposób, aby strumienie cieczy zachodziły na siebie, a osie rozpylaczy były rozstawione co 500 mm, co daje identyczny rozkład cieczy jak dla rzeczywistej belki opryskiwacza połowego. Na podstawie tak uzyskanych wyników możliwe jest obliczenie wartości wskaźnika CV, [16]. Graficzną interpretację wirtualnej belki opryskowej przedstawiono na rysunku 2.

WYNIKI BADAŃ

Wykonano po trzy powtórzenia dla każdego z egzemplarzy i trzech wysokości: 400, 500 i 600 mm. Wyniki badań dla pojedynczych egzemplarzy obu typów rozpylaczy płasko-

strumieniowych przedstawiono w tabelach 1 i 2, a wybrane interpretacje graficzne rozkładu poprzecznego cieczy zebranej w rowkach o szerokości równej 25 mm zaprezentowano na poniższych wykresach (rys. 3 i 4).

Tabela 1. Wartości wskaźnika CV (średnia z 3 powtórzeń) dla każdego z 7 rozpylaczy EŻK 110-03

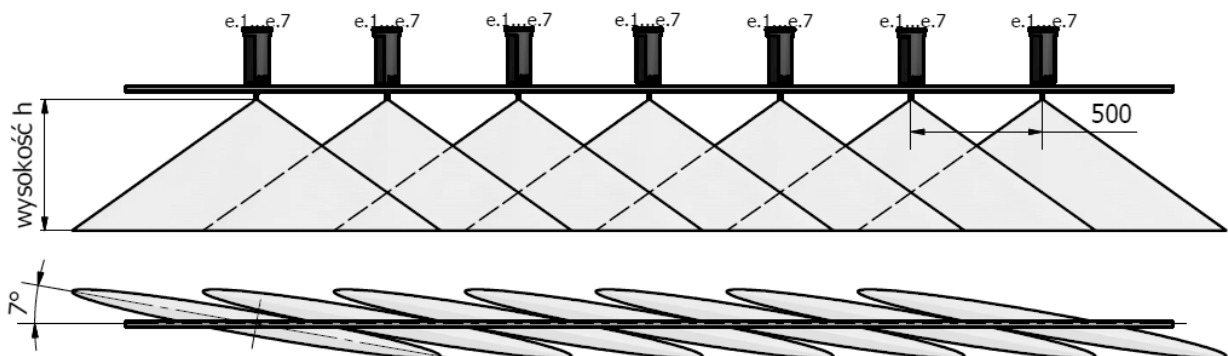
Table 1. CV factor values (the average of 3 measurements) for each of 7 EŻK 110-03 nozzles

Rozpylacze eżektorowe kompaktowe EŻK 110-03					
Ciśnienie cieczy, [bar]	3	Wydatek cieczy, [l/min]	1,2	Czas pomiaru [s]	60
Nr egz.	Wysokość ustawienia rozpylacza nad powierzchnią stołu pomiarowego h				
	400 [mm]	500 [mm]		600 [mm]	
	Wskaźnik CV [%]				
e.1	58,9	57,0		56,6	
e.2	62,2	59,1		57,0	
e.3	61,8	59,2		58,7	
e.4	64,6	60,2		56,7	
e.5	64,8	59,7		58,4	
e.6	67,7	61,1		57,3	
e.7	65,0	60,2		56,8	
średnia	63,6	59,5		57,4	

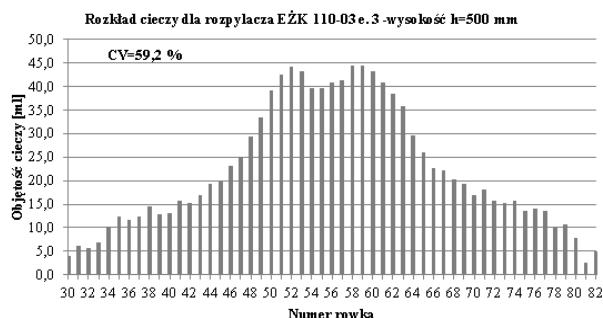
Tabela 2. Wartości wskaźnika CV (średnia z 3 powtórzeń) dla każdego z 7 rozpylaczy AirMix 110-03

Table 2. CV factor values (the average of 3 measurements) for each of 7 AirMix 110-03 nozzles

Rozpylacze AirMix 110-03 firmy Agrotop					
Ciśnienie cieczy, [bar]	3	Wydatek cieczy, [l/min]	1,2	Czas pomiaru [s]	120
Nr egz.	Wysokość ustawienia rozpylacza nad powierzchnią stołu pomiarowego h				
	400 [mm]	500 [mm]		600 [mm]	
	Wskaźnik CV [%]				
e.1	58,0	54,0		52,4	
e.2	61,8	56,4		54,6	
e.3	60,4	57,1		54,4	
e.4	61,8	56,6		51,0	
e.5	58,4	55,8		51,6	
e.6	62,8	57,2		53,1	
e.7	56,8	56,1		55,8	
średnia	60,0	56,2		53,3	

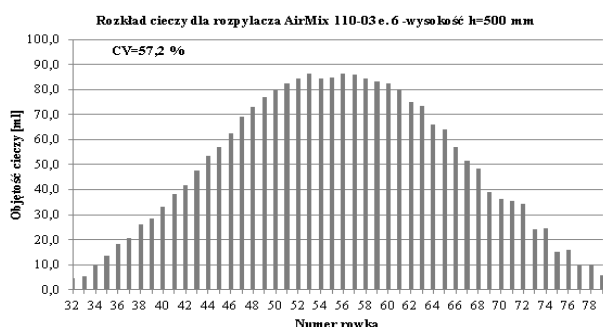


Rys. 2. Rozmieszczenie rozpylaczy na „wirtualnej” belce opryskowej, [opracowanie własne]
Fig. 2. Positions of nozzles on the „virtual” spraying boom, [own study]



Rys. 3. Poprzeczny rozkład cieczy dla egzemplarza nr 3 rozpylacza EŻK 110-03. Wysokość ustawienia rozpylacza nad stołem rowkowym równa 500 mm.

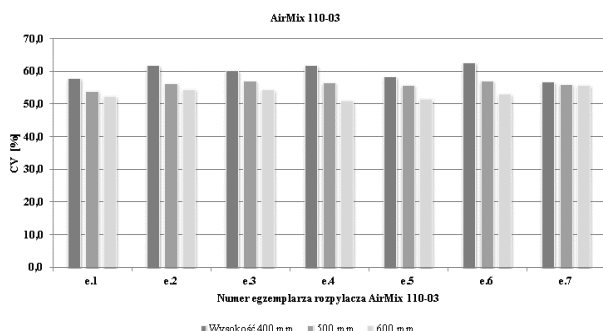
Fig. 3. Cross distribution of the liquid for 3rd copy of the EŻK 110-03 nozzle. Nozzle height above the measurement table is 500 mm.



Rys. 4. Poprzeczny rozkład cieczy dla egzemplarza nr 6 rozpylacza AirMix 110-03. Wysokość ustawienia rozpylacza nad stołem rowkowym równa 500 mm

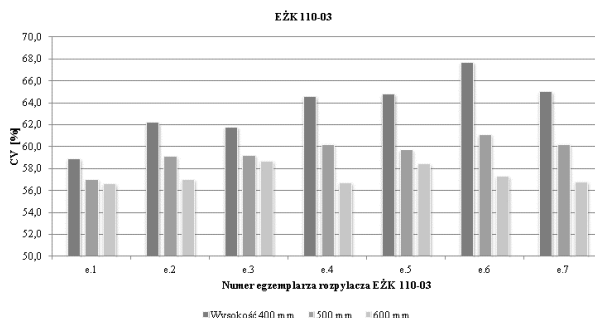
Fig. 4. Cross distribution of the liquid for 6th copy of the AirMix 110-03 nozzle. Nozzle height above the measurement table is 500 mm

Interpretację graficzną wskaźnika CV w zależności od wysokości ustawienia rozpylacza nad powierzchnią stołu rowkowego dla każdego egzemplarza rozpylaczy EŻK 110-03 oraz rozpylaczy AirMix 110-03 zaprezentowano na wykresach (rys. 5 i 6).



Rys. 5. Wartości wskaźnika CV dla poszczególnych egzemplarzy rozpylaczy AirMix 110-03 i wysokości ich ustawienia nad powierzchnią stołu rowkowego 400, 500 i 600 mm

Fig. 5. CV factor values for each copy of the AirMix 110-03 nozzles and for height of this nozzles above the measurement table: 400, 500 and 600 mm



Rys. 6. Wartości wskaźnika CV dla poszczególnych egzemplarzy rozpylaczy EŻK 110-03 i wysokości ich ustawienia nad powierzchnią stołu rowkowego 400, 500 i 600 mm.

Fig. 6. CV factor values for each copy of the EŻK 110-03 nozzles and for height of this nozzles above the measurement table: 400, 500 and 600 mm.

Przykładowe wyniki poprzecznego rozkładu cieczy dla belki opryskowej ustawionej na wysokości 400 mm, 500 mm i 600 mm nad powierzchnią opryskiwaną, wyposażonej w rozpylacze EŻK 110-03 oraz AirMix 110-03 przedstawiono w tabelach 3 i 4.

Tabela 3. Wartości wskaźnika CV dla belki wyposażonej w egzemplarze e.1 ÷ e.7 rozpylaczy EŻK 110-03.

Table 3. CV factor values for a bar with mounted copies 1 ÷ 7 of the EŻK 110-03 nozzles.

Rozpylacze eżektorowe kompaktowe EŻK 110-03						
Ciśnienie cieczy, [bar]	3	Wydatek cieczy, [l/min]	1,2	Czas pomiaru [s]	60	
Nr egz.	Wysokość ustawienia belki nad powierzchnią stołu pomiarowego h					
	400 [mm]		500 [mm]		600 [mm]	
	Wskaźnik CV [%] / Liczba wyników n – poza tolerancją ±15%Vśr					
e.1	13,1	4	13,6	12	7,6	0
e.2	16,4	8	13,4	3	5,1	0
e.3	16,8	8	12,7	4	4,3	0
e.4	17,9	8	13,2	4	5,2	0
e.5	17,2	8	13,5	7	9,3	0
e.6	16,7	8	11,9	4	4,6	0
e.7	16,7	8	11,8	4	5,2	0
średnia	16,4		12,9		5,9	

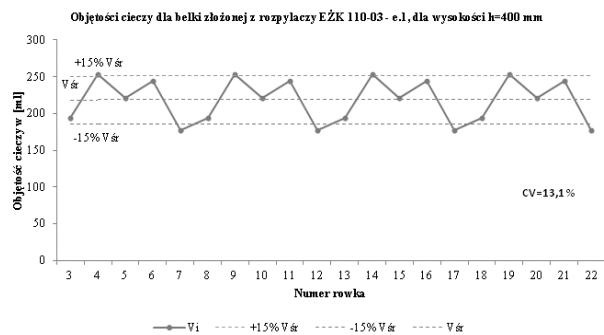
Tabela 4. Wskaźnik CV dla belki wyposażonej w egzemplarze e.1 ÷ e.7 rozpylaczy AirMix 110-03

Table 4. CV factor values for a bar with mounted copies 1 ÷ 7 of the AirMix 110-03 nozzles

Rozpylacze AirMix 110-03 firmy Agrotop						
Ciśnienie cieczy, [bar]	3	Wydatek cieczy, [l/min]	1,2	Czas pomiaru [s]	120	
Nr egz.	Wysokość ustawienia belki nad powierzchnią stołu pomiarowego h					
	400 [mm]		500 [mm]		600 [mm]	
	Wskaźnik CV [%] / Liczba wyników n – poza tolerancją ±15%Vśr					
e.1	3,7	0	1,4	0	3,0	0
e.2	3,0	0	1,1	0	0,7	0

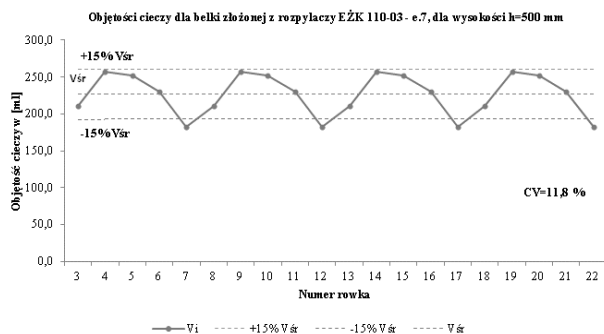
e.3	4,1	0	0,9	0	0,9	0
e.4	3,8	0	0,7	0	1,8	0
e.5	3,2	0	1,7	0	2,4	0
e.6	4,2	0	0,7	0	1,0	0
e.7	4,4	0	1,1	0	1,9	0
średnia	3,8		1,1		1,7	

Interpretację graficzną rozkładu poprzecznego cieczy zebranej w rowkach o szerokości równej 100 mm dla belki opryskowej złożonej z egzemplarzy rozpylaczy EŻK 110-03 oraz egzemplarzy rozpylaczy AirMix 110-03 zaprezentowano na wykresach (rys. 7÷12).



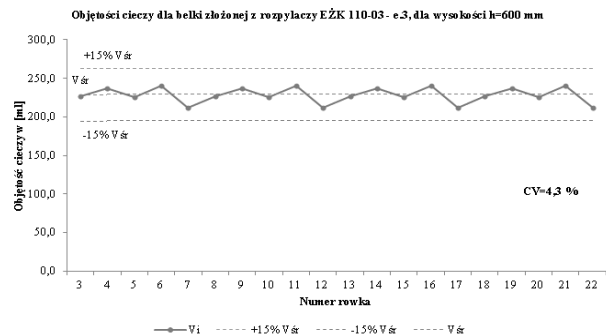
Rys. 7. Poprzeczny rozkład cieczy dla belki złożonej z egzemplarzy nr 1 rozpylaczy EŻK 110-03 z 4 wynikami poza tolerancją, z wynikiem negatywnym CV=13,1%. Wysokość ustawienia belki nad stołem rowkowym równa 400 mm

Fig. 7. Cross distribution of the liquid for a bar with EŻK 110-03 nozzles copies no. 1, with 4 results outside the range of tolerance. It is stated, that result is disappointing: CV=13,1%. Height of the spray boom above the measurement table is 400 mm



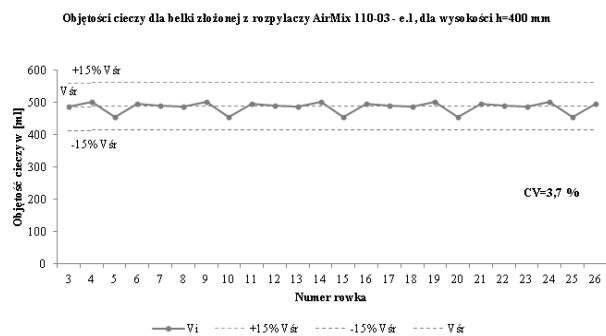
Rys. 8. Poprzeczny rozkład cieczy dla belki złożonej z egzemplarzy nr 7 rozpylaczy EŻK 110-03 z 4 wynikami poza tolerancją, z wynikiem negatywnym CV=11,8%. Wysokość ustawienia belki nad stołem rowkowym równa 500 mm

Fig. 8. Cross distribution of the liquid for a bar with EŻK 110-03 nozzles copies no. 7, with 4 results outside the range of tolerance. It is stated, that result is disappointing: CV=11,8%. Height of the spray boom above the measurement table is 500 mm



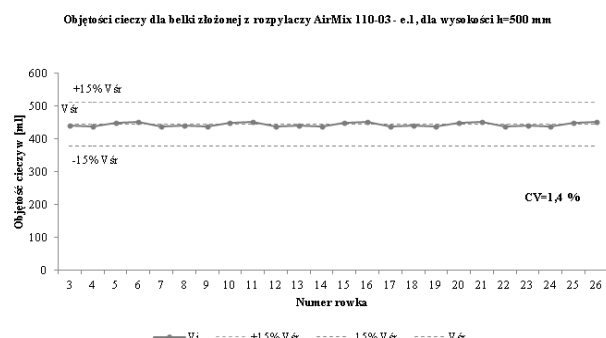
Rys. 9. Poprzeczny rozkład cieczy dla belki złożonej z egzemplarzy nr 3 rozpylaczy EŻK 110-03 z wynikiem pozytywnym CV=4,3%. Wysokość ustawienia belki nad stołem rowkowym równa 600 mm

Fig. 9. Cross distribution of the liquid for a bar with EŻK 110-03 nozzles copies no. 3. It is stated, that result is positive: CV=4,3%. Height of the spray boom above the measurement table is 600 mm



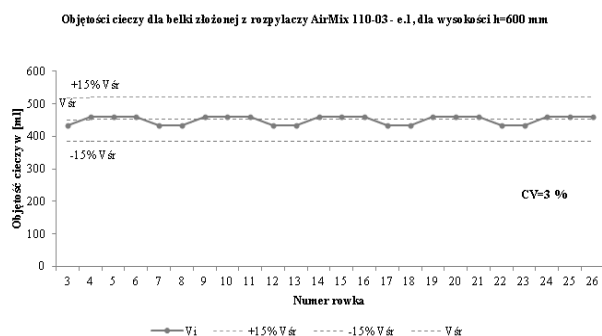
Rys. 10. Poprzeczny rozkład cieczy dla belki złożonej z egzemplarzy nr 1 rozpylaczy AirMix 110-03 z wynikiem pozytywnym CV=3,7%. Wysokość ustawienia belki nad stołem rowkowym równa 400 mm

Fig. 10. Cross distribution of the liquid for a bar with AirMix 110-03 nozzles copies no. 1. It is stated, that result is positive: CV=3,7%. Height of the spray boom above the measurement table is 400 mm



Rys. 11. Poprzeczny rozkład cieczy dla belki złożonej z egzemplarzy nr 1 rozpylaczy AirMix 110-03 z wynikiem pozytywnym CV=1,4%. Wysokość ustawienia belki nad stołem rowkowym równa 500 mm

Fig. 11. Cross distribution of the liquid for a bar with AirMix 110-03 nozzles copies no. 1. It is stated, that result is positive: CV=3,7%. Height of the spray boom above the measurement table is 500 mm.



Rys. 12. Poprzeczny rozkład cieczy dla belki złożonej z egzemplarzy nr 1 rozpylaczy AirMix 110-03 z wynikiem pozytywnym CV=3%. Wysokość ustawienia belki nad stołem rowkowym równa 600 mm

Fig. 12. Cross distribution of the liquid for a bar with AirMix 110-03 nozzles copies no. 1. It is stated, that result is positive: CV=3%. Height of the spray boom above the measurement table is 600 mm

WNIOSKI

Na podstawie analizy uzyskanych wyników stwierdzono, że:

- wartości wskaźnika CV wyznaczone dla każdego z 7 egzemplarzy obu badanych typów nie odbiegają istotnie od siebie w zakresie stosowanych w pomiarach zmian wysokości,
- dla obu typów rozpylaczy wartości wskaźnika CV zmniejszają się wraz ze wzrostem wysokości,
- rozkład poprzeczny cieczy pojedynczych rozpylaczy AirMix 110-03 jest bardziej „regularny i przewidywalny” w porównaniu z rozpylaczami EŻK 110-03, co pozwala przypuszczać, że rozpylacze te zestawione na belce umożliwią uzyskanie niższych wartości wskaźnika CV,
- wartości wskaźnika CV wyznaczone dla „wirtualnej” belki opryskowej złożonej z poszczególnych egzemplarzy rozpylaczy AirMix 110-03 osiągają zdecydowanie niższe wartości w porównaniu z rozpylaczami EŻK 110-03 w całym zakresie zmian wysokości. Różnice wartości średnich wynoszą odpowiednio 12,6%, 11,8%, 4,2% dla wysokości 400, 500 i 600 mm,
- rozpylacze AirMix 110-03 spełniają obowiązujące w Polsce wymagania dotyczące dopuszczalnej wartości wskaźnika CV (<10%) w przyjętym do badań zakresie zmian wysokości belki opryskiwacza (400÷600 mm). Rozpylacze EŻK 110-03 spełniają te wymagania tylko dla wysokości belki równej 600 mm,
- dodatkowe kryterium oceny rozkładu poprzecznego cieczy – liczba naczyn pomiarowych poza tolerancją $\pm 15\%$ średniej objętości zostało spełnione tylko dla rozpylaczy AirMix 110-03 w całym zakresie zmian wysokości, rozpylacze EŻK 110-03 spełniają to kryterium tylko dla wysokości równej 600 mm,
- w badanym zakresie wysokości belki rozpylacze AirMix 110-03 uzyskują bardzo równomierny rozkład poprzeczny cieczy (CV<5%), co uzasadnia możliwość obniże-

nia wysokości belki opryskowej podczas wykonywania zabiegów przy wietrznej pogodzie w celu zmniejszenia znoszenia kropeł,

- ocena rozkładu poprzecznego cieczy dla „wirtualnej” belki opryskowej może być wykorzystana do szybkiej weryfikacji jakości pracy rozpylaczy. Możliwe jest także modelowanie jakości pracy belki opryskowej w warunkach laboratoryjnych, np. poprzez dobór ustawień poszczególnych egzemplarzy rozpylaczy na belce.

LITERATURA

1. **Czaczyk Z. 2011:** Nierównomierność rozkładu poprzecznego cieczy i podatność wybranych rozpylaczy na zużycie. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna 5, s. 16-18.
2. **Czaczyk Z. 2012:** Spray classification for selected flat fan nozzles. Journal of Plant Protection Research 52 (1), s. 180-183.
3. **Czaczyk Z. 2011:** Wstępne wyniki oceny jakości pracy rozpylaczy eżektorowych MMAT. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna 6, s. 10-12.
4. **Gajtkowski A. 1995:** Ocena metod doboru parametrów opryskiwaczy polowych. Maszyny i Ciągniki Rolnicze, nr 8, str. 18-19.
5. **Hołownicki R. 2006:** Technika opryskiwania roślin. Plantpress Sp.z o. o., Kraków.
6. **Lipiński A., Choszcz D., Konopka S. 2007:** Rozkład poprzeczny cieczy dla rozpylaczy Syngenta Potato Nozzle, Inżynieria Rolnicza 9(97).
7. **Lodwik D., Pietrzyk J. 2013:** Zautomatyzowane stanowisko do badań nierównomierności poprzecznej oprysku, Journal of Research and Application in Agricultural Engineering, Vol. 59(2), s. 103-106, Poznań.
8. **Lodwik D., Pietrzyk J. 2013:** Wykorzystanie fotografii i komputerowej analizy obrazu do oceny poprzecznego rozkładu rozpylonej cieczy, Journal of Research and Application in Agricultural Engineering, Vol. 59(2), s. 107-111, Poznań.
9. **Lodwik D., Pietrzyk J. 2011:** Metodyka badań rozpylaczy płaskostrumieniowych na zautomatyzowanym stanowisku laboratoryjnym, Sprawozdanie z wykonania statutowej pracy badawczej. PW WBMiP, Płock.
10. **Lodwik D., Pietrzyk J. 2013:** Ocena i weryfikacja przydatności zautomatyzowanego stanowiska laboratoryjnego przeznaczonego do badań rozpylaczy rolniczych w aspekcie spełnienia wymagań dotyczących jakości oprysku, Sprawozdanie z wykonania statutowej pracy badawczej. PW WBMiP, Płock.
11. **Norma ISO 5681-1992:** Equipment for crop protection – Vocabulary.
12. **Norma ISO 5682-1 -1996:** Equipment for crop protection – Spraying equipment – Part 1: Test methods for sprayer nozzles.
13. **Norma PN-ISO 5682-2 – 2005:** Sprzęt do ochrony roślin. Urządzenia opryskujące. Część 2: Metody badań opryskiwaczy hydraulicznych.

14. **Norma ISO10625 – 2005:** Equipment for crop protection. Sprayer nozzles. Colour coding for identification. International Standardization Organization.
15. **Orzechowski Z., Prywer J. 2008:** Wytwarzanie i zastosowanie rozpylonej cieczy. WNT, Warszawa.
16. **Parafiniuk S., Sawa J., Wołos D. 2011:** Automatyczne urządzenie do oceny stanu technicznego rozpylaczy rolniczych. Postępy Nauki i Techniki nr 10, str. 37-49, Lublin.
17. **Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 5 marca 2013 r.** w sprawie wymagań technicznych dla opryskiwaczy, Dz. U.: poz. 415.
18. **Szewczyk A., Wilczok G. 2008:** Wpływ wiatru na równomierność dystrybucji cieczy użytkowej przy użyciu opryskiwacza polowego. Inżynieria Rolnicza 5(103), str. 307-314, Kraków.

EVALUATION OF THE WORK QUALITY
OF SELECTED FLAT FAN NOZZLES IN TERMS
OF CROSS SPRAY NONUNIFORMITY

Summary. The article presents a comparison of working quality of two nozzles types, produced in Germany and Poland. Measurements were performed on the automated laboratory station. The aim was to determine characteristics of the cross distribution non-uniformity for randomly chosen copies of both types. As a criteria for assessing the quality of work of different sprayers, there were taken values of CV factor (factor of cross distribution inequality). It is stated, that in the range of most oftenly used heights of spraying, German sprayers are set to have better characteristics of cross distribution.

Key words: plant protection, nozzle, spraying, research stand, cross distribution non-uniformity, CV factor.

Влияние температуры на кинетику карбонизации извести

Николай Любомирский

Национальная академия природоохранного и курортного строительства
г. Симферополь, ул. Киевская, 181, e-meil: pk@narks.edu.ua

Аннотация. Установлены закономерности влияния температуры на кинетику карбонизации известкового камня полусухого прессования при его принудительной карбонизации в условиях повышенной концентрации углекислого газа и изменяемых других технологических факторов и определены основные кинетические параметры карбонизации извести. Максимальная скорость карбонизации достигается в интервале температур 293 – 313 К, с увеличением температуры – скорость реакции карбонизации снижается. Установлено, что для управления скоростью процесса карбонизации нужно обеспечить отвод воды, путем устройства низкотемпературной зоны в карбонизационной камере.

Ключевые слова: строительные материалы, известь, углекислый газ, карбонат кальция, реакция карбонизации, степень карбонизации, водосодержание, температура, давление CO_2 , кинетика, энергия активации.

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе общественного развития большое значение приобретает политика сбережения природных ресурсов [1] и снижения уровня загрязнения атмосферы Земли углекислым газом, достигшего на сегодняшний день угрожающих масштабов из-за резкого увеличения количества отходов от производственной деятельности человека.

Главным звеном технико-экономической политики сбережения ресурсов и насыщения рынка строительной продукцией может стать разработка и внедрение экономичных материалов и ресурсосберегающих технологий путем создания новых нетрадиционных направлений получения строительных композитов, способных твердеть и приобретать требуемые свойства, например, за счет поглощения углекислого газа. К таким материалам можно отнести строительные материалы и изделия на основе извести.

Научные исследования и практика последних лет убедительно свидетельствуют о том, что эффективным способом направленного управления свойствами искусственных каменных материалов является способ контактного формования начальной структуры с помощью полусухого прессования.

Решить проблему медленной карбонизации извести в обычных условиях, обусловленных низкой концентрацией CO_2 в атмосфере, можно за счет принудительной карбонизацией ее углекислым газом, образующимся в процессе обжига извести. Принцип вторичного использования углекислого газа от обжига известняков позволит создать замкнутую ресурсосберегающую технологию производства карбонизированных изделий на основе извести, работающий в автономном режиме без дополнительных энергетических и ресурсных затрат.

На сегодняшний день вопросы получения материалов полусухого прессования на основе извести карбонизационного твердения не имеют научного обоснования, отсутствуют системные исследования влияния различных технологических факторов на процесс карбонизации известкового вяжущего.

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Известь относится к группе вяжущих веществ, твердеющих на основе физических явлений, кристаллизация которых происходит вследствие испарения воды затворения и лишь позже в процессе твердения принимает участие и карбонизация [2]. Реакция насыщения углекислотой известковых растворов – довольно сложный механизм, состоящий из диффузии углекислого газа через пористую структуру и его растворение в воде капиллярных пор, взаимодействия с раствором гидроксида кальция, в результате чего выделяются кристаллы карбоната кальция.

Многими учеными периоду карбонизационного твердения известковых вяжущих отводилась второстепенная роль, главным образом, из-за длительного времени перехода извести в карбонат кальция в естественных условиях. Тем не менее, реакция насыщения углекислотой гидроксида кальция в растворах крайне важна с технической точки зрения, поскольку это реакция, в зависимости от связующего состава, улучшает механические свойства и, следовательно, структуру материала.

Анализ научных работ многих ученых [3 – 11] и собственных исследований [12 – 17] позволили заключить, что протекание химической реакции карбонизации извести зависит от множества технологических факторов: влажности и водосодержания известкового теста, температуры карбонизации, концентрации и давления углекислого газа, дисперсности частиц извести, времени карбонизации и т.д. Некоторые ученые, изучая кинетику карбонизации извести [18, 19], пришли к выводам, что для ускорения процесса карбонизации необходима некоторая подсушка изделий. Однако, влияние повышенной температуры на процесс принудительной карбонизации известкового вяжущего не изучен.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Целью настоящей статьи является установление закономерностей влияния температуры на карбонизацию известкового вяжущего при его принудительной карбонизации в условиях повышенной концентрации углекислого газа и изменяемых других технологических факторов.

Поставленная цель была реализована путем проведения исследований кинетики карбонизации известковых образцов полусухого прессования в зависимости от их начального водосодержания, давления и температуры.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Кинетику карбонизации известковых образцов изучали по специально разработанной методике статическим методом в замкнутой системе (рис. 1).

Принцип работы установки основан на регистрации изменения массы известковых образцов при взаимодействии его с углекислым газом при заданных давлении CO_2 и температуре. Повышенное давление создается путем регулирования редуктора на баллоне с CO_2 . Пониженное давление создается с помощью вакуум-насоса. Установленное давление в реакторе (камере карбонизации) поддерживается с помощью следящего мановакуумметра, который при изменении давления в камере подает соответствующий сигнал, в случае поддержания повышенных давлений на открытие электрического клапана, а в случае проведения опыта в условиях разрежения на запуск вакуум-насоса. Реакционная камера имеет водяную рубашку для поддержания в ней требуемой температуры опыта. Буферная емкость также имеет водяную рубашку и предназначена для конденсации в ней водяного пара при просасывании сквозь реактор CO_2 . Таким

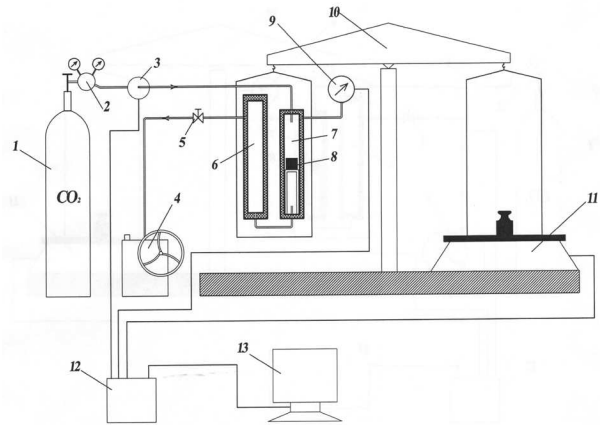


Рис. 1. Схема установки для изучения кинетики карбонизации извести:

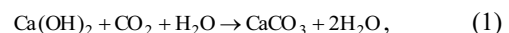
1 – газовый баллон с CO_2 ; 2 – редуктор; 3 – электрический клапан; 4 – вакуумный насос; 5 – кран; 6 – буферная емкость; 7 – реактор; 8 – опытный образец; 9 – следящий мановакуумметр; 10 – плечевые весы; 11 – электронные весы; 12 – блок управления; 13 – компьютер

Fig. 1. Installation scheme for studying the kinetics of carbonation of lime:

1 – gas cylinder with CO_2 ; 2 – reducer; 3 – electric valve; 4 – vacuum pump; 5 – the valve; 6 – buffer tank; 7 – reactor; 8 – a prototype; 9 – witness pressure and vacuum gauge; 10 – shoulder scales; 11 – electronic scales; 12 – control unit; 13 – computer

образом, система является замкнутой. Регистрация изменения массы системы осуществляется по сигналам электронных весов специально разработанной компьютерной программой, которая строит соответствующие графики кинетики карбонизации известкового теста.

Степень превращения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в CaCO_3 , или степень карбонизации извести определяли по отношению массы гидроксида кальция к теоретическому приросту массы $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в процессе перехода его в CaCO_3 согласно химическому уравнению реакции:



по формуле:

$$\alpha = \frac{m_{\text{Ca}(\text{OH})_2} + \Delta m}{1,351 \cdot m_{\text{Ca}(\text{OH})_2}} \times 100 \%, \quad (2)$$

где:

$m_{\text{Ca}(\text{OH})_2}$ – масса $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в образце, г;

Δm – приращение массы системы в любой момент времени карбонизации, г;

1,351 – коэффициент, учитывающий изменение массы системы при 100 % превращении $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в CaCO_3 .

Опыты проводили на известковых образцах-цилиндрах полусухого прессования диаметром 30 мм. Для установления массы и формовочного давления прессования образцов, при которых можно свести к минимуму погрешности проведения испытаний от данных факторов, были проведены предварительные опыты, в результате которых было установлено, что наибольшая

схожесть результатов наблюдается на образцах массой 20 г, полученных прессованием с усилием 10 МПа.

Кинетику карбонизации образцов изучали в среде 100 % концентрации углекислого газа при температуре 293 – 333 К в условиях разрежения и избыточных давлений в интервале давлений CO_2 от 0,02 МПа до 0,2 МПа и различном начальном водосодержании известкового вяжущего, изменяемым в пределах от 1 до 25 % мас. Варьируемые факторы были выбраны с учетом теоретических исследований процесса принудительной карбонизации извести [13, 14, 20].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Влияние температуры при фиксированных давлениях CO_2 и водосодержании известковых образцов (1, 5,

10 % мас.) показано на рис. 2. Оно обнаруживает себя в нетривиальной форме, что особенно наглядно проявляется при повышении давления.

В интервале температур 293 – 313 К скорость карбонизации и уровень превращения быстро увеличиваются. Однако с повышением температуры до 333 К влияние температуры выражено слабее. Очевидно, что с повышением температуры возникают условия для разложения извести и активного удаления воды из образца в холодную часть системы, а снижение количества воды в реакционной зоне снижает скорость взаимодействия CO_2 с $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

С повышением давления CO_2 влияние температуры на процесс карбонизации выражается слабее, кривые степени превращения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в CaCO_3 при температурах 293 – 313 К и 333 К на начальных этапах начинают совпадать, причем с увеличением давления этот период

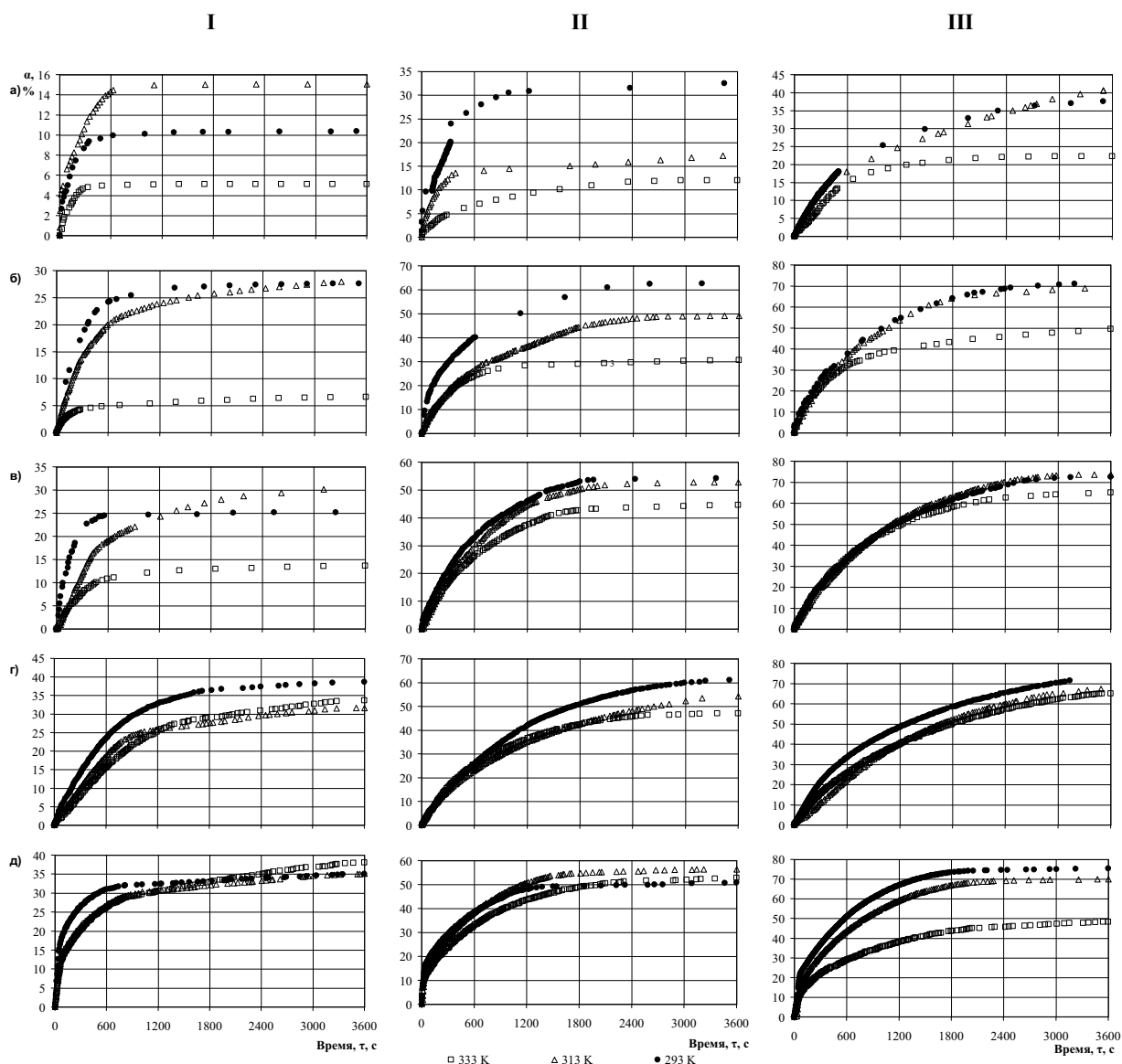


Рис. 2. Влияние температуры на кинетику карбонизации известковых образцов в зависимости от водосодержания, % мас.: I – 1; II – 5; III – 10 и давления углекислого газа, МПа: а) – 0,02; б) – 0,05; в) – 0,08; г) – 0,1; д) – 0,2.

Fig. 2. Influence of temperature on the kinetics of carbonization lime samples, depending on the water contents, % wt.: I – 1; II – 5; III – 10 and pressure of carbon dioxide, MPa: а) – 0,02; б) – 0,05; в) – 0,08; г) – 0,1; д) – 0,2.

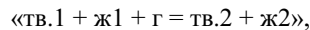
увеличивается. Так, если у образцов с начальным водосодержанием 10 % мас. при 0,02 МПа этот период отсутствует, то при давлении 0,05 и 0,08 МПа он составляет 400 с и 1000 с соответственно, а при давлении 0,1 МПа кинетические кривые степени карбонизации практически совпадают во всем исследуемом интервале времени (3600 с). При увеличении давления выше атмосферного влияние температуры более заметно.

Значительней всего влияние температуры на увеличение степени превращения наблюдается при низких давлениях в интервале 0,02 – 0,05 МПа, а при повышении давления до 0,08 МПа и выше влияние температуры карбонизации на изменение показателя α мало заметно.

Существенным фактором на величину степени карбонизации известки является начальное водосодержание известковых образцов. С увеличением количества воды затворения гашеной известки от 1 до 10 % мас. показатели степени превращения гидроксида в карбонат кальция возрастают в 2 – 3 раза в зависимости от других исследуемых изменяемых факторов.

В целом, повышение температуры снижает значения степени карбонизации известки. Исходя из полученных опытных данных, наиболее оптимальным температурным интервалом карбонизации известковых образцов полусухого прессования является 293 – 313 К. С повышением температуры неизменно наблюдается снижение показателей α .

Карбонизация гидроксида кальция относится к гетерогенным превращениям типа:



где:

«тв.1» – гидроксид кальция; «тв.2» – карбонат кальция; «ж1» – вода; «ж2» – насыщенный раствор карбоната кальция, гидрокарбоната кальция и гидроксида кальция в воде.

Слой воды, а точнее слой жидкой фазы, являющийся насыщенным водным раствором карбоната и гидроксида кальция можно рассматривать как барьерное, но проницаемое препятствие на поверхности карбонизируемых кристаллов $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Для выбора кинетической модели процесса выделим наиболее существенные особенности получаемого превращения:

- 1) рассматриваемая реакция не сопровождается образованием барьерного слоя продукта реакции, присутствие которого тормозило бы развитие процесса;
- 2) вид кинетических кривых дает основание отнести процесс либо к реакциям, кинетика которых подчиняется закономерностям, характерным для мгновенного вступления в реакцию всей поверхности с последующим сокращением объема твердого реагента, либо к топохимическим превращениям.

Основываясь на данных особенностях, при обработке кинетических кривых были использованы три кинетических уравнения [21, 22]:

– уравнение Аврами и Ерофеева:

$$-\ln(1-\alpha) = kt^n, \quad (3)$$

– уравнение сокращающегося объема:

$$1-(1-\alpha^{1/3}) = k_1 t; \quad (4)$$

– уравнение сокращающейся площади:

$$1-(1-\alpha^{1/2}) = k_2 t, \quad (5)$$

где:

α – степень превращения в момент времени t ;
 k , k_1 и k_2 – кажущиеся константы скорости, соответственно, для моделей Аврами – Ерофеева, сокращающегося объема и сокращающейся площади;

$n = 3$, где n – показатель степени при времени в уравнении Аврами и Ерофеева.

Эти уравнения справедливы для процессов, не сопровождающихся образованием барьерного слоя твердого продукта реакции. Отличие их друг от друга состоит в том, что в случае сжимающегося объема и площади предполагают, что в реакцию мгновенно вступает вся поверхность твердого реагента. В противоположность этому, уравнение Аврами и Ерофеева чаще применяют к так называемым сигмоидным процессам, т.е. к таким, которые начинаются в некоторых локальных зонах, обладающих повышенной реакционной способностью. Однако уравнение Аврами и Ерофеева вполне удовлетворительно описывает также реакции, которые начинаются сразу на всей поверхности твердого образца.

Обработка первичного массива опытных данных показала, что несколько лучшее согласие с результатами измерений дает уравнение Аврами – Ерофеева, для которого коэффициент корреляции составил 0,9977.

Взаимодействие гидроксида кальция с диоксидом углерода является процессом, развитие которого при повышенных температурах может быть осложнено дегидратацией кристаллогидрата гидроксида кальция, который будет образовываться при затворении гашеной известки водой. Это означает, что при повышенных температурах при наличии температурного градиента одновременно с карбонизацией гидрата гидроксида кальция будет происходить его дегидратация, сопровождающаяся переносом водяного пара в холодную часть системы.

Исследование влияние температуры на скорость карбонизации известкового вяжущего показало, что при заданных значениях начального водосодержания и давления скорость реакции слабо зависит от температуры, что может означать близость к нулю кажущейся энергии активации процесса. Это вполне объяснимо, поскольку известно, что реакции нейтрализации, к которым может быть отнесено превращение $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в CaCO_3 , протекают как безактивационные процессы, скорость реакции которых лимитируется только транспортом реагентов к зоне взаимодействия.

В табл. 1 представлены константы уравнения Аврами – Ерофеева принудительной карбонизации известковых образцов полусухого прессования. При близких значениях констант скоростей реакции в целом, изменение их подчинено некоторой закономерности: константа скорости в уравнении Аврами – Ерофеева возрастает

Таблица 1. Константы уравнения Аврами – Ерофеева и коэффициент корреляции карбонизации известковых образцов полусухого прессования в зависимости от температуры

Table 1. Constants equations Avrami – Yerofeev's theory and the correlation coefficient carbonization lime samples dry pressing depending on temperature

$$\ln[-\ln(1-\alpha)] = \ln(k_E) + r \ln(\tau) = B^* + A^* \cdot \ln(\tau)$$

Водо-содержание, % мас.	Давление CO ₂ , МПа	Температура, К	A*	B*	Коэффициент корреляции R ²
1	0,02	293	0,4739	-5,0863	0,9901
		313	0,4122	-4,4981	0,9627
		333	0,5075	-5,9481	0,9411
	0,05	293	0,6635	-5,4171	0,9981
		313	0,7981	-6,4805	0,9940
		333	0,7681	-7,2288	0,9515
	0,08	293	0,796	-5,8099	0,978
		313	1,2357	-9,1665	0,9739
		333	1,0292	-8,3339	0,9617
	0,1	293	0,8705	-6,8739	0,996
		313	0,8791	-7,2273	0,9942
		333	0,9688	-8,0209	0,9904
0,2	293	0,3882	-3,3948	0,9485	
	313	0,8737	-5,7286	0,9918	
	333	0,6348	-5,0547	0,9103	
5	0,02	293	0,4701	-4,3877	0,9535
		313	0,6189	-5,5091	0,9939
		333	0,3035	-4,7896	0,9841
	0,05	293	0,562	-4,2565	0,9921
		313	0,8192	-6,3462	0,9910
		333	0,8791	-6,76425	0,9547
	0,08	293	0,7188	-5,5674	0,9949
		313	1,1993	-8,5100	0,9762
		333	1,0101	-7,4797	0,9817
	0,1	293	0,8159	-6,4675	0,9959
		313	0,9160	-7,0632	0,9847
		333	1,0156	-7,5906	0,9923
0,2	293	0,4905	-3,8209	0,9188	
	313	1,4524	-7,2905	0,9839	
	333	0,4596	-3,9069	0,9894	
10	0,02	293	0,9398	-7,3604	0,9937
		313	0,8868	-7,0447	0,9947
		333	0,9946	-8,1520	0,9897
	0,05	293	0,7181	-5,3276	0,9934
		313	0,8940	-6,4709	0,9975
		333	0,7598	-5,7411	0,9953
	0,08	293	0,7435	-5,6533	0,9868
		313	0,9434	-9,9403	0,9990
		333	0,8631	-6,3797	0,9970
	0,1	293	0,9151	-6,6895	0,9977
		313	0,9773	-7,1113	0,9953
		333	0,9587	-7,2756	0,9941
0,2	293	0,6569	-4,4956	0,9329	
	313	1,0374	-7,1050	0,9537	
	333	0,6413	-5,0483	0,9444	

при повышении температуры с 293 до 313 К, а затем, при температуре 333 К, – снижается. Это явление более ярко проявляется при карбонизации известкового вяжущего в условиях разрежения и водосодержания извести больше 1 % мас. или при избыточном давлении CO₂. Причем разница в значениях константы скорости при повышении температуры с 313 до 333 К с увеличением давления с 0,02 до 0,08 МПа уменьшается, а при атмосферном давлении (0,1 МПа) – становится более значительной с увеличением начального водосодержания системы.

Оценку кажущейся энергии активации осуществляли с использованием традиционного приема, который заключается в определении температурной зависимости максимальной скорости процесса [21, 23]. При мгновенном вступлении в реакцию всей поверхности максимальная скорость отвечает тангенсу угла наклона кривых $\alpha = f(\tau)$ на начальной стадии.

Из данных табл. 1 видно, что показатель степени при времени в уравнении Аврами – Ерофеева при давлениях, близких к атмосферному (0,08 – 0,1 МПа), во-первых, близок к единице и, во-вторых, слабо зависит от температуры. Это позволяет прийти к заключению, что кажущаяся энергия активации процесса в области атмосферного давления CO₂ близка нулю.

Действительно, если представить уравнение Аврами – Ерофеева в виде:

$$\alpha = 1 - \exp(-k_E \tau^r), \quad (6)$$

то при $r = 1$ оно приобретает вид:

$$\alpha = 1 - \exp(-k_E \tau). \quad (7)$$

Дифференцируя его по времени дает выражение для величины $\frac{d\alpha}{dt}$:

$$\frac{d\alpha}{dt} = k_E - \exp(-k_E \tau), \quad (8)$$

и, следовательно, максимальная скорость процесса (при $\tau = 0$) равна константе k_E . Поскольку при давлениях 80 – 100 кПа эта константа не зависит от температуры, то:

$$\frac{d(k_E/dt)}{dT} = \frac{d \ln k_E}{dT} = \frac{E_a}{RT^2} = 0, \quad (9)$$

т.е., кажущаяся энергия активации равна нулю.

Для более низких давлений разрежения и избыточных давлений выше атмосферного величина кажущейся энергии активации была найдена по наклону кинетической кривой на начальной стадии процесса. В качестве примера рис. 3 приведены фрагменты кинетической кривой карбонизации известкового вяжущего с начальным водосодержанием 10 % мас., характеризующей развитие процесса в течение 60 с при различных температурах и давлениях (в условиях разрежения, атмосферном и избыточном давлении). На рис. 4 представлены зависимости логарифма скорости от обратной температуры для различных значений давления углекисло-

го газа от начального водосодержания известкового вяжущего.

Как видно, скорость реакции уменьшается с повышением температуры, т.е., величина кажущейся энергии активации будет отрицательной. Можно полагать, что в рассматриваемом случае скорость процесса зависит только от доставки CO_2 к поверхности $\text{Ca}(\text{OH})_2$, не защищенной присутствием барьерного слоя. При повышении температуры процесс доставки CO_2 может осложняться за счет преодоления дополнительного препятствия в виде повышающегося с ростом температуры давления водяного пара.

Соответствующие данные констант скорости реакции начальной стадии карбонизации в течение 300 с при температуре 293 и 333 К и расчетные значения кажущейся энергии активации приведены в табл. 2.

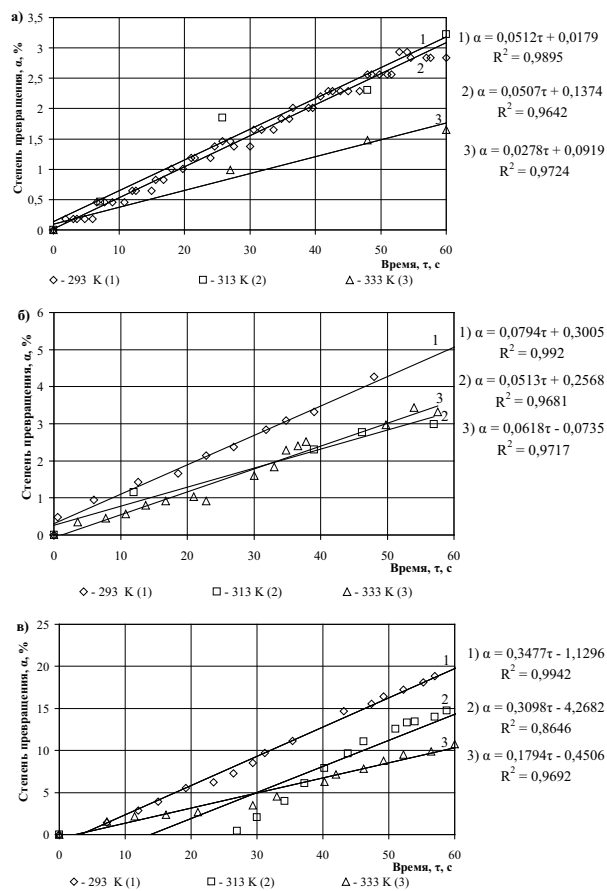


Рис. 3. Начальные участки кинетических кривых, характеризующих развитие процесса при различных температурах и давлении, МПа: а) – 0,02; б) – 0,1; в) – 0,2

Fig. 3. The initial sites of kinetic curves characterizing the development process at various temperatures and pressure, МPa: а) – 0,02; б) – 0,1; в) – 0,2

Как видно из табл. 2, значения кажущейся энергии активации малы и с отрицательным знаком, что свидетельствует о высокой реакционной способности известкового вяжущего к CO_2 и подтверждает, что лимитирующим фактором скорости процесса является диффузия CO_2 к зернам $\text{Ca}(\text{OH})_2$. С увеличением водосодержания и давления значения E_a уменьшаются.

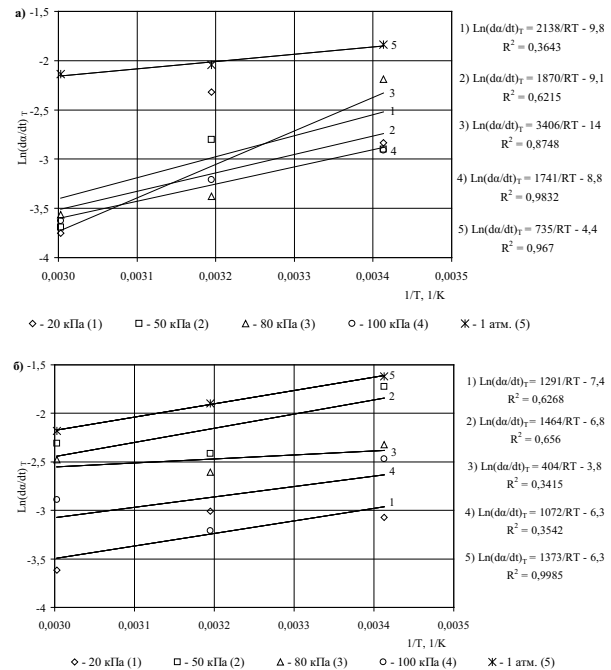


Рис. 4. Температурная зависимость скорости карбонизации известкового вяжущего с водосододержанием 1 % мас. (а) и 10 % мас. (б) при различных давлениях углекислого газа

Fig. 4. Temperature dependence of the speed of carbonization lime binder with content of water 1 % wt. (а) and 10 % wt. (б) at various pressures of carbon dioxide

Обобщая экспериментальные данные и результаты их обработки процесс карбонизации известкового вяжущего от температуры можно представить следующим образом:

- при нормальных температурах (293 К) карбонизация проходит с небольшой скоростью, поскольку развитие процесса блокирует барьерный слой жидкой воды, точнее насыщенного водного раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и CaCO_3 , образующегося на поверхности кристаллов $\text{Ca}(\text{OH})_2$;
- при температурах близких 313 К создаются условия для дегидратации и удаления воды в холодную зону системы: чем выше температура, тем быстрее проходит этот процесс и тем больше становится скорость процесса;
- при температурах выше 323 К дегидратация перестает быть лимитирующей стадией процесса, растворимость $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и CO_2 снижается и кинетика карбонизации известки подчиняется установленным закономерностям, выражающимся в снижении скорости при повышении температуры.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что кинетика принудительной карбонизации гидроксида кальция описывается уравнению Аврами – Ерофеева, коэффициенты которого различны в зависимости от условий карбонизации и отвечает случаю мгновенного вступления в реакцию всей поверхности реагента без образования барьерного слоя продукта реакции в начальный период.

Таблица 2. Константы скорости и расчетные значения кажущейся энергии активации карбонизации известкового вяжущего в первые 300 с**Table 2.** The rate constant and calculated values of apparent energy of the activation of carbonization lime binder in the first 300 s

$$E_a = \frac{R \cdot T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{K_2}{K_1} \quad [24]$$

Давление CO ₂ , МПа	Начальное водосодержание известковых образцов, % мас.	Константы скорости реакции при температуре, (dα/dt) _T		Кажущаяся энергия активации E _a , кДж/моль
		293 К, K ₁	333 К, K ₂	
0,02	1	0,03052	0,01716	-11,68
	5	0,0618	0,0165	-26,81
	10	0,0410	0,0280	-7,60
0,05	1	0,0619	0,0155	-28,14
	5	0,0992	0,0554	-11,83
	10	0,0850	0,0715	-3,50
0,08	1	0,0855	0,0261	-24,05
	5	0,0689	0,0554	-4,41
	10	0,0718	0,0689	-0,82
0,1	1	0,0466	0,0260	-11,85
	5	0,0495	0,0531	1,43
	10	0,0704	0,0524	-5,98
0,2	1	0,0880	0,0677	-5,31
	5	0,0973	0,0803	-3,89
	10	0,1223	0,0741	-10,16

- Важнейшим фактором, влияющим на степень карбонизации извести, является его начальное водосодержание системы. Увеличение водосодержания известковых образцов полусухого прессования с 1 до 10 % мас. приводит к увеличению показателя степени превращения гидроксида в карбонат кальция в 2 – 3 раза в зависимости от температуры и давления углекислого газа.
- Доказано, что такие технологические факторы как температура и давление CO₂ не оказывают определяющего влияния на показатель степени карбонизации извести при постоянном значении одного из факторов, но являются важными взаимно дополняющими друг друга параметрами, регулирующими скорость превращения Ca(OH)₂ в CaCO₃.
- Определено, что максимальная скорость карбонизации достигается в интервале температур 293 – 313 К, лимитирующим фактором при этом является либо растворение с последующей диффузией CO₂ к поверхности твердого реагента, либо растворение Ca(OH)₂ и диффузией гидроксильного иона к поверхности контакта с газовой фазой, при увеличении температуры (свыше 313 К) – скорость реакции карбонизации снижается. Установлено, что для управления скоростью процесса карбонизации нужно обеспечить отвод воды, путем устройства низкотемпературной зоны в карбонизационной камере.
- and power industry in agriculture. – Lublin. – Vol. X. – 333 – 339.
- Сычев М.М., 1970.** Систематизация вяжущих веществ / Сычев М.М. // Журнал прикладной химии. – № 3. – 528 – 533.
- Зацепин К.С., 1952.** Известковые карбонизированные строительные материалы / Зацепин К.С. // Сборн. материалов Московского науч.-технич. совещания по жил.-гражд. строит., строит. материалам и проектно-изыскат. работам. Т. 2. – М: Московская правда. – 283 – 290.
- Михайлов Н.Н., 1960.** Искусственная карбонизация как способ повышения активности доломитового вяжущего / Михайлов Н.Н., Кузнецов А.М. // Строительные материалы. – № 9. – 28 – 30.
- Воробьев А.А., 1971.** Влияние карбонизации на физико-механические свойства автоклавного газобетона с тонкомолотыми карбонатными добавками / Воробьев А.А. // Строительные материалы. – №2. – 32 – 33.
- Zalmanoff N., 1956.** Carbonation of Lime Putties To Produce High Grade Building / N. Zalmanoff // Rock Products. – August. – 182 – 186.
- Zalmanoff N., 1956.** Carbonation of Lime Putties To Produce High Grade Building / N. Zalmanoff // Rock Products. – September. – 84 – 90.
- Matsuda O., 1973.** Experimental study of the manufacture of building materials by carbonation of slaked lime / Matsuda O., Yamada H. // Sekko to sekkai = Gypsum & Lime. – № 125. – 8 – 17.
- Aono T., 1931.** Studies on the reactions between gas and solid, part II: absorption of CO₂ by CaO and Ca(OH)₂ / Aono T. // Bulletin of the Chemical Society of Japan. – № 6. – 319 – 324.

ЛИТЕРАТУРА

- Saliev E., 2008.** Ecological and economic problems of the introduction of power-saving technologies in Ukraine / Saliev E. // ТЕКА. Commission of motorization

10. **Cizer O., 2011.** Crystal morphology of precipitated calcite crystallized calcite crystals from accelerated carbonation of lime binders. [Электронный ресурс] / Cizer O., K. Van Balen, D. Van Gemert // Forum italiano calce. – <http://www.iscowa.org/>
11. **Cultrone G., 2005.** Forced and natural carbonation of lime-based mortars with and without additives: Mineralogical and textural / Cultrone G., Sebastián E., Ortega Huertas M. // Cement and Concrete Research Volume 16. – Issue 12. – 278 – 289.
12. **Любомирский Н.В., 2009.** Формирование структуры известкового теста при твердении в среде углекислого газа / Любомирский Н.В., Локтионова Т.А. // Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Simferopol-Lublin. – Vol. 11A. – 239 – 246.
13. **Любомирский Н.В., 2010.** Термодинамическое обоснование искусственной карбонизации извести / Любомирский Н.В. // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: Зовнішпрекламсервіс. – вип. № 38. – 426 – 430.
14. **Любомирский Н.В., 2010.** Особенности карбонизации известковых вяжущих материалов / Любомирский Н.В. // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – Макіївка: ДонНАБА. – Вип. 2010-5(85). – 121 – 126.
15. **Любомирский Н.В., 2011.** Влияние качества извести и концентрации углекислого газа на физико-механические свойства искусственно карбонизированного камня / Любомирский Н.В., Бахтин А.С., Бахтина Т.А., Джелал А.Э. // Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin. – Vol. 13C. – 173 – 182.
16. **Lyubomirsky N., 2012.** The resource saving technology for obtaining facing artificially carbonated products and economic efficiency of their production / [N. Lyubomirsky, T. Bakhtina, A. Bakhtin, D. Vorobiev, A. Jalyal] // Energy-saving and Ecological Materials, Installations and Technology in Construction. – Biala Podlaska: Wydawnictwo PSW JPII. – 115 – 122.
17. **Любомирский Н.В., 2013.** Формирование прочностных свойств материалов на основе известково-известняковых композиций карбонизационного типа твердения / Любомирский Н.В., Бахтин А.С., Джелал А.Э. // Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin – Pieszow. – Vol. 15, № 5. – 23 – 30.
18. **Розенфельд Л.М., 1955.** Исследования пенокарбоната / Розенфельд Л.М. – М.: Госстройиздат. – 52.
19. **Силаенков Е.С., 1961.** Влияние карбонизации на некоторые свойства автоклавных бетонов / Силаенков Е.С., Тихомиров Г.В. // Строительные материалы. – №4. – 30 – 33.
20. **Любомирский Н.В., 2011.** Современное состояние исследований искусственной карбонизации известковых систем / Любомирский Н.В., Воробьев Д.М. // Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin. – Vol. 13C. – 165 – 172.
21. **Стромберг А.Г., 2001.** Физическая химия / Стромберг А.Г., Семченко Д.П. – М.: Высшая школа. – 527.
22. **Эмануэль Н.М., 1984.** Курс химической кинетики / Эмануэль Н.М., Кнорре Д.Г. – М.: Высшая школа. – 463.
23. **Дельмон Б., 1972.** Кинетика гетерогенных реакций / Дельмон Б. – М.: Мир. – 553.
24. **Кузнецова Т.В., 1989.** Физическая химия вяжущих материалов / Кузнецова Т.В., Кудряшов И.В., Тимашев В.В. – М.: Высш. школа. – 384.

INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE KINETICS OF CARBONATION OF LIME

Summary. The regularities of influence of temperature on the kinetics of carbonization of limestone dry pressing at his forced carbonization in conditions of high concentration of carbon dioxide and other modifiable technological factors and determined the main kinetic parameters of carbonation of lime. Maximum speed carbonization is in the range of temperatures 293 – 313 K with increasing temperature – speed carbonation reaction is reduced. It is established that for the speed control of the process of carbonization need to ensure drainage of water by the device of low-temperature zone in carbonization camera.

Key words: building materials, lime, carbon dioxide, calcium carbonate reaction carbonization, the degree of carbonization, water content, temperature, pressure CO₂, kinetics, activation energy.

Koncepcja sterowania urządzeniami elektrycznymi w przydomowym ogrodzie za pomocą inteligentnych instalacji

Jacek Majcher

Politechnika Lubelska, Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej
20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 38A, e-mail: j.majcher@pollub.pl

Streszczenie: Rozwój systemów automatyki budynkowej powoduje integrację kolejnych instalacji. Dąży się do tego aby wszystkie instalacje były w pełni zautomatyzowane. To z kolei daje możliwość do wymiany informacji między instalacjami. Instalacje zgodnie z zaprogramowanym algorytmem działania sygnalizują swój stan jak również sterują elementami wykonawczymi. Integracja daje możliwość centralnego sterowania wybranymi funkcjami, jak również zdalny nadzór np. przez strony www.

W pracy opisane budowę inteligentnej instalacji KNX/EIB. Opisano wybrane moduły jak również przedstawiono metodykę programowania tej instalacji. Jako przykład stosowania elementów automatyki budynku zaproponowano sterowanie urządzeniami elektrycznymi w przydomowym ogrodzie

Słowa kluczowe: automatyka, inteligentne instalacje, ogród.

funkcjonalności budynku. Aby instalacje funkcjonowały według określonych algorytmów niezbędne są urządzenia sterujące, które przetwarzają informacje otrzymane z instalacji i wykonują określone czynności.

Na przestrzeni kilkunastu lat powstało wiele rodzajów instalacji różnych producentów. Jednym z popularnych standardów jest standard KNX/EIB. Korzenie tego systemu sięgają lat 90-tych kiedy to grupa firm zrzeszonych w organizacji EIBA zaczęła promocję nowej technologii tzw. magistrali instalacyjnej. W 1999 r powołano stowarzyszenie Konnex którego zadaniem było połączenie cech trzech systemów (EIB, Batibus i EHS). Powstał standard KNX/EIB dzięki czemu moduły różnych producentów mogły ze sobą współpracować [Horyński 2008].

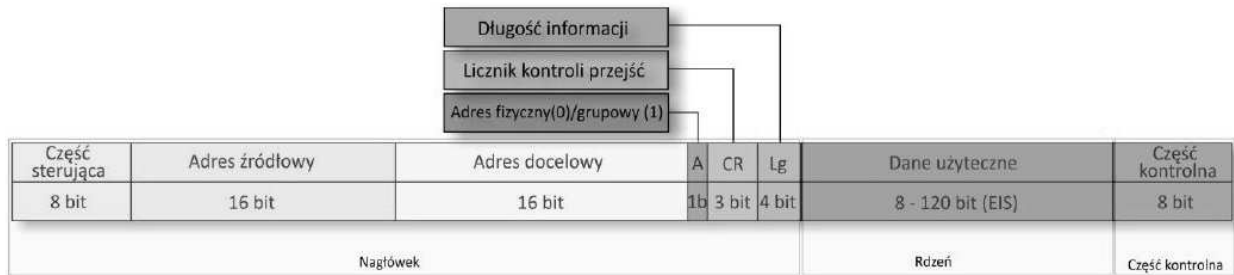
WSTĘP

W ostatnich latach obserwowany jest duży przełom w budownictwie. Powstało szereg rozwiązań których celem jest podniesienie funkcjonalności danego obiektu. Wśród tych rozwiązań jest dynamicznie rozwijająca się gałąź automatyki budynkowej. Idea automatyki budynkowej powstała w latach 70 –tych ubiegłego stulecia w USA [Horyński 2011 a]. Jedną z najtrafniejszych definicji inteligentnego budynku jest wprowadzone przez P. Robathan określenie: „Inteligentny budynek dostarcza produktywnie oraz kosztowo-efektywne otoczenie w celu optymalizacji czterech podstawowych elementów – struktury, systemów, usług oraz zarządzania i ich wzajemnych zależności” [Horyński 2011 b]. Obecnie w instalacjach znajdujących się w budynku występuje wiele elementów elektronicznych. Są to różnego rodzaju elementy wykonawcze jak zawory, silniki jak również elementy sterujące takie jak czujniki. Zastosowanie takich układów pozwala w łatwy sposób integrować różnego rodzaju instalacje. Jedne instalacje mogą oddziaływać na kolejne. Powoduje to zwiększenie

BUDOWA SYSTEMU KNX/EIB

System KNX/EIB jest systemem zdecentralizowanym, oznacza to że nie ma jednej jednostki sterującej. Każde urządzenie wyposażone jest w mikrokomputer mający własną aplikację i łączność z magistralą poprzez port magistralny. To rozwiązanie znacząco zwiększa niezawodność systemu, uszkodzenie jednego elementu nie wpływa na pracę pozostałych. Elementy instalacji połączone są ze sobą za pomocą magistrali. Magistrala wykonana jest najczęściej w postaci przewodu dwuparowego (EIB TP). Każdy aparat czy też moduł wyposażony jest w następujące elementy: jednostkę procesorową CPU, pamięci: ROM, RAM, EEPROM, interfejsów: użytkownika i komunikacji z siecią. Urządzenia wysyłają między sobą telegramy w sposób asynchroniczny (rysunek 1).

W celu uniknięcia sytuacji jednoczesnego nadawania informacji przez dwa i więcej urządzeń zastosowano system unikania kolizji typu CSMA/CA (ang.: *Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*). W tego typie systemie unikania kolizji występuje hierarchia urządzeń.



Rys. 1. Struktura telegramu w standardzie KNX [Horyński 2011 b]

Fig. 1. Telegram structure KNX [Horyński 2011 b]

W przypadku gdy zaczynają nadawać dwa urządzenia pierwszeństwo ma to o wyższym priorytecie. Natomiast w przypadku gdy urządzenia mają ten sam priorytet pierwsze rozpoczyna nadawane to o wyższym adresie fizycznym [Majcher, Horyński 2010]. W systemie KNX/EIB magistrala pełni podwójną rolę, służy do przesyłania informacji jak również zasila moduły [Drop, Jastrzębski 2002, KNX 2009, Mikulik 2008].

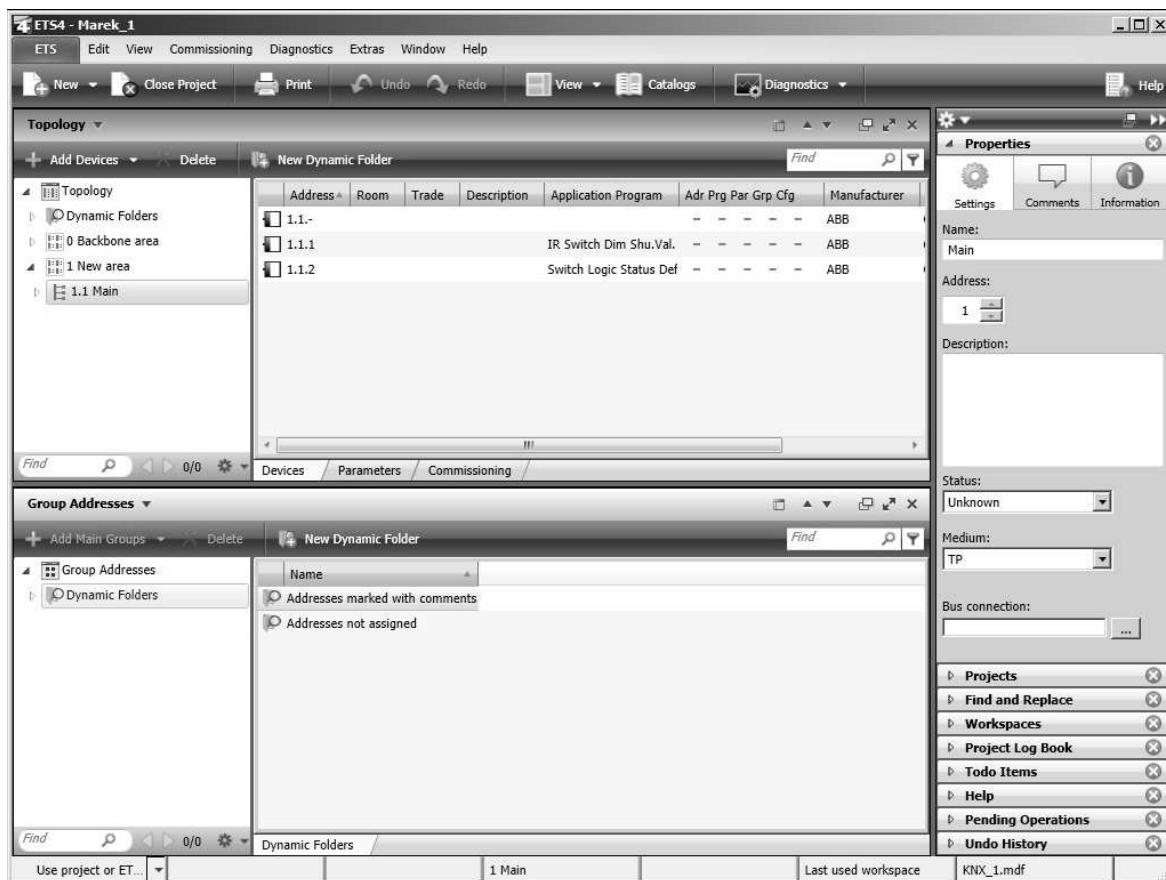
Urządzenia przyłączone do magistrali możemy podzielić na dwie grupy. Pierwsza z nich to sensory – urządzenia wysyłające sygnały (np. czujniki, przyciski, wejścia binarne). Druga to akty, które wykonują określone czynności (np. wyjścia binarne, elektrozawory) [Majcher Horyński, 2010].

Aby skonfigurować urządzenia w instalacji KNX/EIB wykorzystuje się oprogramowanie ETS. Procedura konfiguracji modułów odbywa się według następujących kroków:

- dodanie do projektu zainstalowanych urządzeń
 - stworzeniu grupy adresowej
 - parametryzacja poszczególnych urządzeń
 - dodanie do grupy adresowej poszczególnych funkcji urządzeń
 - wgranie aplikacji do poszczególnych aparatów
- Przykładowe okno aplikacji programu ETS 4 Przedstawiono na rysunku 2

KONCEPCJA STEROWANIA

Inteligentne instalacje powstały z myślą o automatyzacji i integracji poszczególnych instalacji w budynku. Obecnie poszczególne instalacje wyposażane są w coraz to większą liczbę elementów elektrycznych co sprzyja ich pełnej auto-



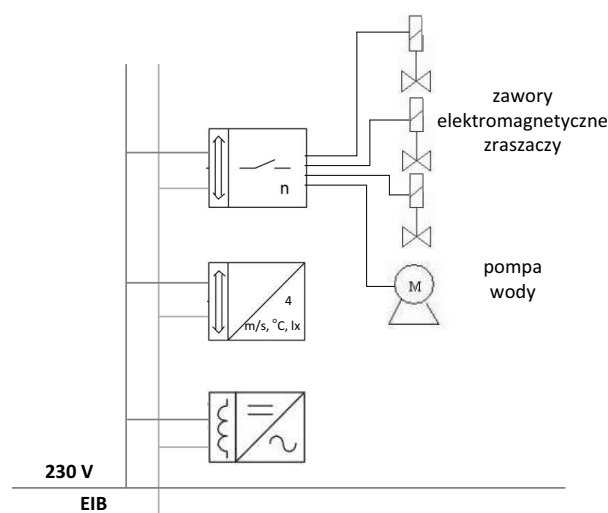
Rys. 2. Okno aplikacji ETS 4

Fig. 2. The application window ETS 4

matyzacji. Ponadto zintegrowanie różnych typów instalacji pozwala na ich wzajemne oddziaływanie zwiększając tym samym ich funkcjonalność. Dzięki zastosowaniu automatyki budynkowej zwiększa się energooszczędność obiektów, podnosi się również komfort życia użytkowników.

Instalacje inteligentne oprócz swojego podstawowego działania – integracji instalacji w budynku mogą znaleźć zastosowanie w sterowaniu urządzeniami w przydomowym ogrodzie zwiększając tym samym zakres swojego działania.

Jednym z przykładów sterowania urządzeniami może być sterowanie zraszaczami [Horyński 2012]. Za pomocą tradycyjnych sterowników można ustawić tryby pracy w zależności od pory dnia. Wykorzystując inteligentną instalację można tymi zraszaczami sterować w zależności od pory dnia jak również warunków atmosferycznych. W tym celu można wykorzystać centralę pogodową WZ/S 1.1 czujnik pogodowy WE/S.A 1.1 oraz wyjście binarne AT/S 4.6.2 [Materiały firmowe ABB] jak na rysunku 3.

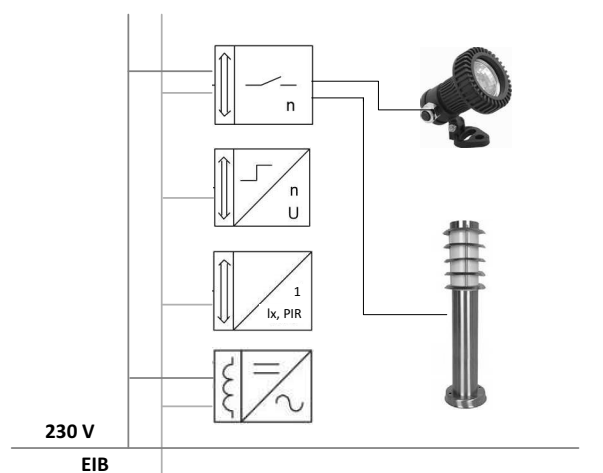


Rys. 3. Fragment instalacji EIB sterującej pracą zraszaczy
Fig. 3. EIB installation the controll of sprinklers

Zastosowanie czujnika opadów pozwala optymalnie sterować zraszaczami dzięki czemu rośliny są odpowiednio nawodnione oraz ograniczone zostaje zużycie wody.

Kolejnym przykładem może być zastosowanie automatyki budynkowej do oświetlenia dekoracyjnego ogrodu (rysunek 4).

W zaproponowanym układzie instalacja otrzymuje sygnały z czujnika oświetlenia LF/U 1.1 połączonym z modulem LR/S 2.2.1, czujnika ruchu Busch-Watchdog oraz wejścia binarnego US/U 4.2. Sygnały podawane na wejście binarne mogą pochodzić z kontaktrona umieszczonego w furtce wejściowej czy też bramie wjazdowej. Wchodząc na posesję wysyłany jest sygnał do instalacji za pomocą wejścia binarnego [Horyński 2010]. Możemy skonfigurować instalację w taki sposób aby zapalone zostały lampy podświetlające podjazd. Takie rozwiązanie oprócz walorów estetycznych podnosi bezpieczeństwo mieszkańców. Dodatkowo mogą zostać włączone lampy podświetlające wybrane fragmenty ogrodu czy też poszczególne kompozycje roślinne. Dzięki temu istnieje możliwość eksponowania tych części ogrodu, które w danej porze roku są najbardziej



Rys. 4. Fragment instalacji EIB zastosowanej do podświetlania dekoracyjnego ogrodu

Fig. 4. EIB installation used to illuminate garden

reprezentacyjne. Zastosowanie inteligentnych instalacji do sterowania urządzeniami elektrycznymi w ogrodzie pozwala na ich swobodną konfigurację. Dodatkowo mamy możliwość zdalnej zmiany poszczególnych funkcji za pomocą paneli dotykowych czy też programów wizualizacyjnych [Horyński, Majcher 2010]

PODSUMOWANIE

Inteligentne instalacje są coraz częściej spotykane w budownictwie. Integrują różnego rodzaju instalacje sprawując nad nimi funkcje kontrolne. Taka integracja daje możliwość automatyzacji wielu funkcji. Zaproponowane w pracy przykładowa konfiguracja obrazuje możliwości stosowania elementów automatyki budynku w sterowaniu urządzeniami elektrycznymi w ogrodzie. Sterowanie tymi urządzeniami może powodować oszczędności w zużyciu energii czy też bieżącej wody [Horyński i in. 2013]. Ponadto możliwość konfiguracji pozwala tworzyć dowolne kompozycje świetlne w ogrodzie. Integracji automatyki ogrodowej z budynkową może w znaczącym stopniu wpłynąć na komfort i bezpieczeństwo użytkowników domów.

LITERATURA

1. **Drop D., Jastrzębski D. 2002.** Współczesne instalacje elektryczne w budownictwie jednorodzinym z wykorzystaniem osprzętu firmy Moeller. COSiW, Warszawa.
2. **Horyński M. 2011 a.** Indoor climate control in eib system. Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa, vol. Xi, issn 1641-7739, s. 114–122.
3. **Horyński M. 2012.** Inteligentne systemy magistralne w sterowaniu instalacjami nawadniającymi boiska piłkarskie. TTS – Technika Transportu Szynowego nr 9/2012, ISSN 1232-3829, str. 1273–1282.
4. **Horyński M. 2008.** Instalacje elektryczne EIB w inteligentnym domu – komunikacja bezprzewodowa. Przegląd Elektrotechniczny Vol. 2008, Nr 3, s. 105–107.

5. **Horyński M. 2011 b.** Programowanie graficzne w sterowaniu inteligentną instalacją elektryczną. Rynek Energii nr 3(94), s. 109–115, issn 1425-5960.
6. **Horyński M. 2010.** Zastosowanie wejść i wyjść binarnych w układach automatyki inteligentnego budynku. Przegląd Elektrotechniczny 7/2010, s. 218–220.
7. **Horyński M., Majcher J. 2010.** Możliwość wizualizacji stanu instalacji w inteligentnych budynkach. Napędy i Sterowanie. Nr 12 (140), s. 90–92.
8. **Horyński M., Styła S., Boguta A., Buczaj M., Sumorek A. 2013.** Model energooszczędnej instalacji domowej w warunkach budownictwa wiejskiego. MOTROL – Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. 15/2013.
9. KNX Handbook for Home and Building Control. 2009
10. **Majcher J., Horyński M. 2010.** Use of Building Management Elements of the EIB System in Safety Systems. Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa, vol. X, s. 256–264.
11. **Mikulik J. 2008.** Europejska magistrala instalacyjna, COSiW SEP, Warszawa.
12. Materiały firmowe ABB: www.abb.pl

CONCEPT OF ELECTRICAL CONTROL EQUIPMENT
IN THE HOME GARDEN USING INTELLIGENT
SYSTEM

Summary. Intelligent systems integrate different installations in the building. The aim is to ensure all systems are fully automated. This gives possibility to exchange information between the systems. Systems work as with the programmed algorithm operation. The integration enables central control of selected functions The paper described the construction of intelligent KNX / EIB. Describes some of the modules and the methodology of programming the system. As an example, the use of intelligent installation to control electrical devices in the home garden.

Key words: automation, intelligent systems, garden.

Analiza porównawcza wybranych kształtów bieżnika pneumatycznego mechanizmu jezdnego ze względu na propagację nacisków w podłożu z zastosowaniem metody wagowo korelacyjnej

Włodzimierz Malesa

Warsaw University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Mechanics and Petrochemistry
 Department of Mechanical Systems Engineering and Automatization
 Address: ul. Łukasiewicza 17, 09-400 Płock, e-mail: polsw@pw.plock.pl

Streszczenie. W opracowaniu przedstawiono zastosowanie systemów CAD i metody elementów skończonych (MES), w analizie porównawczej propagacji nacisków w glebie pneumatycznych mechanizmów jezdnych, o różnym kształcie protektora. Wykonano model rozkładu nacisków powierzchniowych oraz ich propagacji w podłożu. Przeprowadzono optymalizację doboru kształtu bieżnika ze względu na minimalizację nacisków w glebie na wybranych głębokościach pomiarowych. Zadanie polioptymalizacji rozwiązano przy pomocy metody wagowo-korelacyjnej.

Słowa kluczowe: oddziaływanie opony na glebę, komputerowo wspomagane projektowanie, metoda elementów skończonych, propagacja nacisków w glebie, polioptymalizacja, metoda wagowo-korelacyjna.

WPROWADZENIE

Kształt bieżnika pneumatycznego mechanizmu jezdnego ma wpływ na wielkość nacisków jednostkowych występujących na powierzchni kontaktu opony z podłożem. Ma to bezpośredni związek ze zjawiskiem ich rozprzestrzeniania się w głąb ośrodka, po którym przemieszcza się układ jezdny [2, 3, 4, 6, 7, 19, 21]. Umiejętność określenia wpływu kształtu protektora na rozkład propagacji nacisków w podłożu umożliwi racjonalny dobór parametrów konstrukcyjnych elementów jezdnych (m.in. kształt opon) ze względu na minimalizację wartości nacisków lub też ograniczenie zjawiska przekraczania nośności granicznej (maszyny budowlane) [8, 9, 10, 17, 20].

Celem niniejszego opracowania było zastosowanie nowoczesnych metod modelowania cyfrowego z wykorzystaniem systemów CAD, metody elementów skończonych oraz metody wagowo-korelacyjnej (polioptymalizacja) w procesie określenia wpływu kształtu i geometrii bieżnika wybranej opony na propagację nacisków w podłożu.





Realizacja ww. problematyki z zastosowaniem MES oraz metod polioptymalizacji ma istotne znaczenie ze względu na ekonomiczne, gdyż badania laboratoryjno-polowe wymagają poniesienia wysokich kosztów finansowych, ze względu na cenę urządzeń pomiarowych oraz nakłady związane z przygotowaniem terenu. Ponadto zaproponowana metodyka badań eliminuje problem sezonowości, co bezpośrednio przyczynia się do skrócenia czasu niezbędnego do wykonania analiz [5].

MODELE CYFROWE OPON

Wykonano osiem modeli cyfrowych opon na bazie rzeczywistej konstrukcji 14.9-R28/8PR Stomil Olsztyn [14], stosowanej w maszynach rolniczych. Proces modelowania cyfrowego zrealizowano z zastosowaniem systemu Inventor v13 firmy Autodesk. Każdy z wariantów opony zawierał wszystkie cechy geometryczne i materiałowe odpowiadające rzeczywistej oponie bazowej. Warianty kształtu bieżnika zostały opracowane na podstawie istniejących konstrukcji spotykanych w maszynach roboczych.

Tabela 1. Modele cyfrowe badanych opon.

Table 1. Digital models of tires

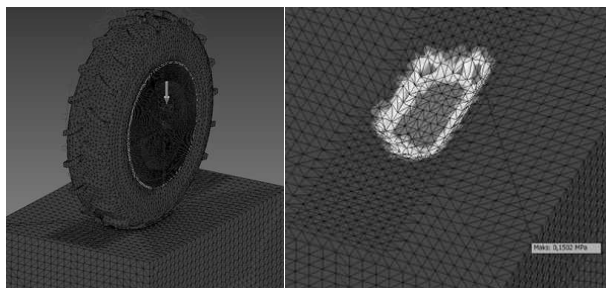
V1 – protektor łukowy		V5 – protektor prostokątny – wariant A	
V2 – protektor daszkowy		V6 – protektor prostokątny – wariant B	

V3 – protektor skośny		V7 – protektor typu kostka – wariant A	
V4 – protektor trapezowy		V8 – protektor typu kostka – wariant B	

MODEL CYFROWY KONTAKTU OPONY Z PODŁOŻEM

Opracowano cyfrowy model kontaktu opony z podłożem. W miejscach gdzie spodziewano się naturalnego styku elementów odkształcalnych wybrano powierzchnie potencjalnego kontaktu pomiędzy powierzchnią czołową wybranych elementów bieżnika opony a górną warstwą gleby. W procesie modelowania wykorzystano metodę powierzchnia do powierzchni (surface-to-surface) [23]. Wyznaczenie strefy kontaktu umożliwiło obliczenie, przy pomocy MES, cyfrowej mapy zawierającej rozkład nacisków powierzchniowych powstających między oponą i glebą oraz geometryczną postać odkształcenia podłoża [12, 13, 18, 24].

Mapa cyfrowa nacisków powstających w strefie kontaktu koło jezdne – gleba została opracowana dla każdego przypadku opony. Na rysunku nr 1 przedstawiono mapę cyfrową nacisków dla przykładowej opony (V1), odpowiadającej konstrukcji o oznaczeniu 14.9R28/8PR (wariant V1). Własności mechaniczne podłoża odpowiadały glebie piaszczysto-gliniastej. Wyznaczono maksymalną wartość nacisku w strefie kontaktu dla dwóch przypadków obciążenia koła napędowego, pionowo skierowaną siłą osiową, o wartościach: 10kN i 7kN. W modelu uwzględniono ciśnienie napompowania opony $p_0=2,25$ bara.



Rys. 1. Symulacja komputerowa oddziaływania koła napędowego na podłoże

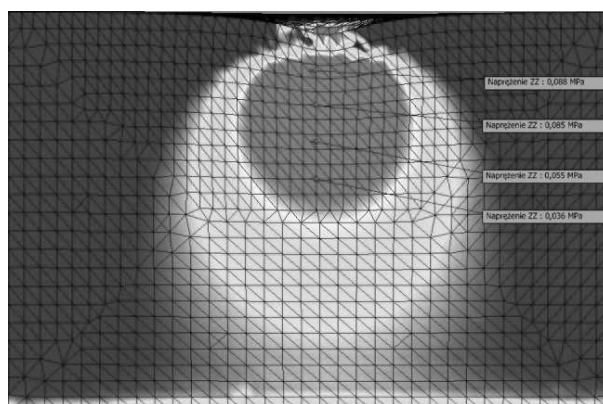
Fig. 1. Computer simulation of the impact of the drive wheel on the ground

W dalszej kolejności wyznaczono propagację nacisków w głębi ośrodka glebowego.

OBLICZENIA PROPAGACJI NACISKÓW W PODŁOŻU DLA WYKONANYCH MODELI OPON Z ZASTOSOWANIEM MES

Obliczenia MES przeprowadzono dla wszystkich badanych wariantów opon (V1 – V8), z zachowaniem jednolitych warunków brzegowych. Wyniki obliczeń rejestrowano dla czterech głębokości pomiarowych (100 mm, 200 mm, 300mm, 400mm), co odpowiadało procedurze rozmieszczenia czujników tensometrycznych na stanowisku laboratoryjnym (kanał glebowy) [14].

Poniżej przedstawiono przykładową mapę rozkładu nacisków w podłożu składowej σ_y w płaszczyźnie prostopadłej do osi jazdy, na której znajduje się oś koła, dla przypadku obciążenia $G=10$ kN. Wyniki przedstawiono dla modelu opony o skośnej geometrii bieżnika (wariant V3).



Rys. 2. Rozkład naprężeń σ_y – wariant V3, obciążenie $G=10$ kN
Fig. 2. Stress distribution σ_y – variant V3, force $G=10$ kN

Na podstawie wyznaczonych za pomocą MES składowych naprężeń (σ_y , τ_{yx} , τ_{yz}) obliczono wartości σ_n , zgodnie z zależnością [22]:

$$\sigma_n = \sqrt{\sigma_y^2 + 3\tau_{yx}^2 + 3\tau_{yz}^2} \quad (1)$$

WYBÓR OPTIMALNEGO KSZTAŁTU PROTEKTORA ZE WZGLĘDU NA MINIMALIZACJĘ PROPAGACJI NACISKÓW W PODŁOŻU Z ZASTOSOWANIEM METODY WAGOWO-KORELACYJNEJ

W analizowanym przypadku konstrukcji opon określono osiem kryteriów q_j ($j=1, \dots, 8$) zadania polioptymalizacji [15]. Wartość kryterium q_j odpowiadała wielkości wyznaczonych naprężeń σ_n dla głębokości pomiarowych h_j ($h_1=100$ mm, $h_2=200$ mm, $h_3=300$ mm, $h_4=400$ mm) dla obciążeń osiowych G_k ($G_1=10$ kN, $G_2=7$ kN)

Dla każdego wariantu opony przyporządkowano wektor 8 liczb będących wartościami kryteriów ($q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6, q_7, q_8$).

W analizowanym zadaniu, w procesie obliczeniowym MES wyznaczono następujące współrzędne punktów: $a_{v1}, a_{v2}, a_{v3}, a_{v4}, a_{v6}, a_{v7}, a_{v3}, a_{v8}$ w przestrzeni kryterialnej ($q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6, q_7, q_8$).

Tabela 2. Współrzędne punktów (a_{V1}, \dots, a_{V8}) w przestrzeni kryterialnej (q_1, \dots, q_8)**Table 2.** Coordinates of points (a_{V1}, \dots, a_{V8}) in the space criterion (q_1, \dots, q_8)

wyniki obliczeń MES	q_1 [MPa]	q_2 [MPa]	q_3 [MPa]	q_4 [MPa]	q_5 [MPa]	q_6 [MPa]	q_7 [MPa]	q_8 [MPa]
a_{V1}	119,60	86,00	59,20	42,20	83,70	60,20	41,50	29,50
a_{V2}	172,90	132,20	81,50	52,70	120,70	91,90	57,00	36,50
a_{V3}	108,37	88,58	56,11	36,37	72,12	57,56	37,74	25,24
a_{V4}	48,99	116,03	90,00	64,00	36,47	87,04	67,03	48,03
a_{V5}	49,99	122,02	91,00	65,00	30,28	85,01	63,00	45,00
a_{V6}	31,51	108,03	85,02	62,01	34,19	81,02	63,00	45,00
a_{V7}	247,65	192,02	120,61	80,17	302,49	162,05	90,02	57,03
a_{V8}	131,79	111,97	83,37	60,18	93,63	77,70	58,30	42,12

Tabela 3. Znormalizowane wartości współrzędnych punktów ($a_{V1}^N, \dots, a_{V8}^N$) w przestrzeni kryterialnej (q_1^N, \dots, q_8^N)**Table 3.** Normalized values of coordinates of points ($a_{V1}^N, \dots, a_{V8}^N$) in the space criterion (q_1^N, \dots, q_8^N)

wyniki obliczeń MES	q_1^N [MPa]	q_2^N [MPa]	q_3^N [MPa]	q_4^N [MPa]	q_5^N [MPa]	q_6^N [MPa]	q_7^N [MPa]	q_8^N [MPa]
a_{V1}^N	0,4076	0,0000	0,0479	0,1331	0,1962	0,0253	0,0719	0,1340
a_{V2}^N	0,6542	0,4358	0,3936	0,3728	0,3322	0,3286	0,3684	0,3542
a_{V3}^N	0,3556	0,0243	0,0000	0,0000	0,1537	0,0000	0,0000	0,0000
a_{V4}^N	0,0809	0,2832	0,5254	0,6308	0,0227	0,2821	0,5603	0,7169
a_{V5}^N	0,0855	0,3397	0,5409	0,6537	0,0000	0,2627	0,4832	0,6216
a_{V6}^N	0,0000	0,2078	0,4482	0,5854	0,0144	0,2245	0,4832	0,6216
a_{V7}^N	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
a_{V8}^N	0,4640	0,2450	0,4226	0,5436	0,2327	0,1927	0,3933	0,5310

W dalszej kolejności dokonano zabiegu normalizacji wartości współrzędnych punktów w przestrzeni kryterialnej, zgodnie z następującą zależnością:

$$q_j^N = \frac{q_j - q^{MIN}}{q^{MAX} - q^{MIN}}, \quad (2)$$

gdzie:

$$q^{MAX} = \text{MAX}(q_j(a_{V1}), \dots, q_j(a_{V8}))$$

$$q^{MIN} = \text{MIN}(q_j(a_{V1}), \dots, q_j(a_{V8}))$$

Rozwiązanie zadania polioptymalizacji polegało na wyznaczeniu elementu „najlepszego” poprzez zastosowanie metody wagowo-korelacyjnej.

Rachunek wagowo-korelacyjny jest metodą wartościowania ocechowanych wytworów. Wytwory stanowią zbiór porównywalnych ze sobą układów. Wartościowanie wymaga, by każdy z wytworów (układów) był oznaczony miarami jakości w wybranych kryteriach. Problem polega na tym, że mają one różne wartości w kryteriach cząstkowych [16].

Dla potrzeby zadania wprowadzono następujące oznaczenia:

$i=1..8$ – indeks wytworu (analizowany wariant opony),

$j=1..8$ – indeks kryterium (obliczone wartości nacisków na wybranych głębokościach pomiarowych dla dwóch przypadków obciążenia (10kN i 7kN).

Wektor ocen i -tego wytworu wg j -tego kryterium ma następującą postać:

$$q_j = \begin{bmatrix} q_{1,j} \\ \vdots \\ q_{i,j} \\ \vdots \\ q_{8,j} \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Macierz wartości cząstkowych dla kryteriów: przyjmuje następującą postać:

$$q = \begin{bmatrix} q_{1,1} & \dots & q_{i,1} & \dots & q_{1,8} \\ \vdots & \dots & \dots & \dots & \vdots \\ q_{i,1} & \dots & q_{i,j} & \dots & q_{i,8} \\ \vdots & \dots & \dots & \dots & \vdots \\ q_{8,1} & \dots & q_{i,8} & \dots & q_{8,8} \end{bmatrix}. \quad (4)$$

W metodzie można oszacować wagi kryteriów względem, których obliczono oceny cząstkowe wariantów konstrukcji opon. Wektor wag ma następującą postać:

$$\rho = [\rho_1 \quad \dots \quad \rho_j \quad \dots \quad \rho_8]. \quad (5)$$

Metoda wagowo-korelacyjna umożliwia przekształcenia problemu skalaryzacji wielowymiarowej do problemu skalaryzacji jednowymiarowej [15]. Wyznaczono kryterium kompromisowe w oparciu o założenie, że średnia ważona współczynników korelacji kryteriów cząstkowych z kryterium kompromisowym dąży do maksimum, zgodnie z poniższą zależnością:

$$S(Q_0, Q) = \sum_{j=8}^{j=1} r(Q_0, Q_j) \times \rho_j \rightarrow \max!, \quad (6)$$

gdzie:

$S(Q_0, Q)$ – średnia ważona współczynników korelacji kryteriów cząstkowych z kryterium kompromisowym,

$r(Q_0, Q_j)$ – współczynnik korelacji między j-tym kryterium cząstkowym a kryterium kompromisowym,

ρ_j – waga j-tego kryterium cząstkowego.

Wynikiem przekształcenia, zgodnie z powyższą zależnością, jest wektor ocen kompromisowych Q_0 , następującej postaci:

$$Q_0 = \begin{bmatrix} Q_{01} \\ \vdots \\ Q_{0,i} \\ \vdots \\ Q_{08} \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Zadanie rozwiązano przy pomocy modułu solver arkusza kalkulacyjnego MS Excel. Po wprowadzeniu modelu numerycznego [11], opisanego metodą *wagowo-korelacyjną* i podstawieniu danych z tabeli nr 4 otrzymano następujące wartości Q_{0i} , dla każdego przypadku rozwiązania konstrukcyjnego. Wyniki obliczeń zamieszczono w tabeli nr 5. Wszystkim kryteriom przypisano wagi $\rho_j=1$.

Tabela 5. Wartości funkcji Q_{0i}

Table 5. Values of the function Q_{0i}

Oznaczenie rozwiązania konstrukcyjnego	Q_{0i}
a_{V1}	0,08366
a_{V2}	0,37369
a_{V3}	0,02133
a_{V4}	0,36100
a_{V5}	0,34615
a_{V6}	0,29380
a_{V7}	0,99294
a_{V8}	0,34657

Rozwiązaniem optymalnym w przekształconym zadaniu skalaryzacji jednowymiarowej [1] jest to, dla którego wartość funkcji Q_{0i} spełnia warunek:

$$Q^{MIN} = Q_{0i} \text{ jeżeli } \bigwedge_{1 \leq i \leq 8} Q_{0i} \geq Q^{MIN}. \quad (8)$$

Analiza wyników obliczeń zamieszczona w tabeli 5 prowadzi do wniosku, że optymalnym rozwiązaniem jest wariant V3 opony (protektor skośny). Wartość funkcji celu dla tego rozwiązania konstrukcyjnego wynosi $Q_{03}^*=0,02133$. Dla porównania, następnymi w kolejności kształt bieżnika – „łukowy”, odpowiadający rzeczywistej oponie generuje wartość funkcji $Q_{01}=0,08366$, z wynikiem blisko czterokrotnie gorszym. Najgorszym kształtem protektora ze względu na propagację naprężeń w podłożu jest geometria kostki ($Q_{07}=0,99294$). Takie rozwiązanie konstrukcyjne można znaleźć w niektórych maszynach budowlanych oraz przeznaczonych do transportu wewnętrznego w halach produkcyjnych.

WNIOSKI

Wyniki obliczeń MES wykazują, że:

- kształt bieżnika ma wpływ na propagację nacisków w podłożu, przy czym opony ze „skośnym” protektorem generują najmniejsze wartości badanych wielkości w porównaniu z pozostałymi wariantami,
 - na wartość nacisków istotny wpływ ma parametr określający kąt nachylenia bieżnika do osi jazdy,
 - można zastąpić stosowane obecnie geometrie protektora pneumatycznego mechanizmu jezdno rozwiązaniami wydatnie poprawiającymi negatywne aspekty oddziaływania kołowego mechanizmu jezdno na podłożu.
- Zastosowanie systemów CAD i obliczeń MES w omawianej problematyce daje wymierne korzyści, do których należą m.in.:
- znaczne skrócenie czasu wykonywanych badań i uniezależnienie procesu badawczego od warunków pogodowych i klimatycznych,
 - odciążenie zespołu projektowego od prac zrutynizowanych i nietwórczych związanych z czasochłonnym przygotowywaniem stanowisk badawczych,
 - ułatwienie wykonania analizy porównawczej badanych opon oraz rodzajów podłoża,
 - przeprowadzenie wiarygodnych badań symulacyjnych w fazie projektowania opony i układu napędowego, bez konieczności wykonywania kosztownych i czasochłonnych badań laboratoryjnych,
 - wprowadzenie cech konstrukcyjnych bieżnika, które będą generowały mniejsze naciski układu jezdno na glebę i ich propagację w głąb podłoża.

LITERATURA

1. **Bogucki M. 2009:** Optymalizacja doświadczalna. Wariant jednokryterialny, MOTROL Motorization and power industry of agriculture, volume 13, Komisja Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa PAN Oddział w Lublinie, 11, 22-30.
2. **Bekker M.G. 1969:** Introduction to terrain-vehicle system, The University of Michigan Press, Ann Arbor.
3. **Jakliński L. 2006:** Mechanika układu pojazd-teren w teorii i badaniach. Wybrane zagadnienia, OWPW.
4. **Jakliński L. 1999:** Modele oddziaływania koła pneumatycznego na glebę, OWPW.
5. **Jakliński L. 2004:** Monitorowanie rozkładu nacisków jednostkowych w badaniach polowych. Technika Rolnicza, Ogrodnicza, Leśna, , nr 1, 27-28
6. **Jakliński L., Pilarczyk S. 2008:** Badanie rozkładu nacisków jednostkowych w glebie z uwzględnieniem występowania podeszwy płuznej, Journal of research and applications in agricultural engineering, Poznań, vol. 53(3), 96.
7. **Jakliński L., Jasiński B., Lebert M., Krzywosiński S. 2004:** Monitoring tire-soil individual stresses as contribution to soil protection, Systemy Mikroprocesorowe w Rolnictwie Międzynarodowa Konferencja – Płock, 50-61.

8. **Jakliński L., Malesa W.:** Analiza porównawcza wybranych kształtów protektora (daszkowy i łukowy) pneumatycznego mechanizmu jezdnego ze względu na propagację nacisków w glebie z zastosowaniem metod modelowania 3D i MES w systemach CAD, Sprawozdanie z pracy statutowej nr 504P/7703/2606/001.
9. **Jakliński L., Pilarczyk S. 2007:** Analiza propagacji nacisków wybranych napędowych opon rolniczych, X Międzynarodowe Sympozjum Inżynierii Systemów Biogrotechnicznych, Płock, Zeszyt 6(15), 29-33.
10. **Kolator B. 2006:** Wybrane zagadnienia odkształceń napędowego koła pneumatycznego ciągnika rolniczego, MOTROL Motorization and power industry of agriculture, volume 13, Komisja Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa PAN Oddział w Lublinie, 8, 118-124.
11. **Korzybski W., Malesa W. 2009:** Inżynierskie i biznesowe zastosowania arkusza kalkulacyjnego, Wyd. Novum, Płock.
12. **Król K. 2006:** Metoda elementów skończonych w obliczeniach konstrukcji, Politechnika Radomska, Wydawnictwo.
13. **Kruszewski J., Gawroński W., Wittbrodt E., Najbar F., Grabowski S. 1975:** Metoda sztywnych elementów skończonych, Arkady.
14. **Kruszewski Z., Jakliński L. 1990:** Badania porównawcze opon napędowych do ciągników rolniczych 14.9-28 8PR „Stomil” i „Good Year”, Sprawozdanie z pracy zleconej przez OZOS Stomil, Płock.
15. **Osiński Z., Wróbel J. 1995:** Teoria konstrukcji, PWN.
16. **Pogorzelski W.:** Analiza wielowymiarowej i rozmytej jakości za pomocą systemu doradczego WAKOR-2: konferencja pt. Metrologia i systemy pomiarowe – stan i perspektywy, Warszawa 15-17 listopada 1990 r.
17. **Pytka J., Szymaniak G.:** Investigations of stress state in soil under Tractor tyres, Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa IV/2004, s. 172, Wydawnictwo Oddziału PAN w Lublinie.
18. **Rakowski G., Kacprzyk Z. 2005:** Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji, OWPW.
19. **Soltyński A. 1966:** Mechanika układu pojazd-teren, Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej.
20. **Szymaniak G., Pytka J. 2003:** Effects of reduced inflation pressure and ride velocity on soil surface deformation, Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa III/, 236, Wydawnictwo Oddziału PAN w Lublinie.
21. **Sommer C., Lebert M., Jakliński L., Jasiński B. 2003:** Bodenschadverdichtung Strategien und physikalischen Bodenschutz. Landtechnik no. 2.
22. **Zabielski M., Malesa W. 2012:** Calculation of stress in contact of tire-soil with use of fem (finite element method), TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture, Vol. 12., No. 2.
23. **Zagrajek T., Krzesiński G., Marek P. 2006:** Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji. Ćwiczenia z zastosowaniem systemu ANSYS, OWPW.
24. **Zienkiewicz O.C. 1972:** Metoda elementów skończonych, Arkady.

COMPARATIVE ANALYSIS WITH APPLICATION
OF THE FINITE ELEMENT METHOD OF SELECTED
SHAPES OF WHEELED UNDERCARRIAGE
DUE TO THE PROPAGATION OF PRESSURES
IN GROUNDWORK USING WEIGHT-
CORRELATION METHOD

Summary. This article presents the application of CAD systems with the use of the finite element method (FEM) in the calculation of parameters for tire-soil interaction including contact stress for different shapes of tires wheeled undercarriage. Moreover, a distribution model of surface pressures as well as calculations of stresses in the soil with the FEM application was described. The weight-correlation method of shape optimization of tires wheeled undercarriage due to the propagation of pressures in groundwork was proposed.

Key words: tire-soil interaction, computer aided design, finite element method, contact stress, stresses in soil, polioptimization, weight-correlation method.

Wyniki pomiarów grubości okrywy nasiennej łubinów w aspekcie określenia jej nierównomierności

Stefan Mańkowski*, Leszek Mieszkalski**, Dariusz Choszcz*, Stanisław Konopka*

*Katedra Maszyn Roboczych i Metodologii Badań UWM w Olsztynie

**Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji SGGW w Warszawie

Streszczenie. Pomiar okrywy nasiennej łubinów przeprowadzono w celu ustalenia miejsc o zmniejszonej jej grubości oraz zbadania (z określonym stopniem prawdopodobieństwa), czy istotne jest podobieństwo grubości okrywy nasiennej badanych łubinów w wybranych punktach pomiarowych. Analiza wyników pozwoliła na stwierdzenie, że nie istnieją istotne różnice w grubości okrywy nasiennej wszystkich trzech badanych odmian względem płaszczyzny podziałowej, jaką była płaszczyzna podziału liścieni.

Słowa kluczowe: grubość, okrywa nasienna, łubin, stanowisko badawcze, pomiar.

WPROWADZENIE

Zdaniem Grzesiuka i Kulki [7] od złożonego wpływu szeregu czynników takich jak: właściwości dziedziczne, miejsce na roślinie i w owocostanie, warunki środowiska, pokarmowe i klimatyczne oraz przebyte choroby i ataki szkodników zależy ilość gromadzonych materiałów pokarmowych, budowa okrywy nasiennej, wielkość i kształt nasion oraz inne ich cechy jakościowe.

Wymienione wyżej cechy mogą mieć znaczenie w procesach przetwarzania nasion, a szczególnie rozdrabniania nasion i separacji cząstek okrywy nasiennej [10]. Na energochłonność rozdrabniania nasion wpływają także procesy wstępnej ich obróbki takie jak zmiana wilgotność, kondycjonowanie oraz nawilżanie i suszenie [5, 17, 6].

Z kolei Jankowski [9] powołując się na badania własne [2] i innych autorów, między innymi [1, 13, 14, 16] stwierdził, że różnice wytrzymałości nasion w obrębie gatunku dochodzą do 50%, natomiast ziarna drobne w obrębie jednej odmiany wykazują wytrzymałość większą o 30-60% w stosunku do dużych. Dorrell i Adams [4] zauważyli, że podatność nasion fasoli na uszkodzenia okrywy nasiennej wzrasta wraz ze zwiększaniem się ich masy i wypełnienia. Palusen [15] obserwując nasiona soi, które poddał

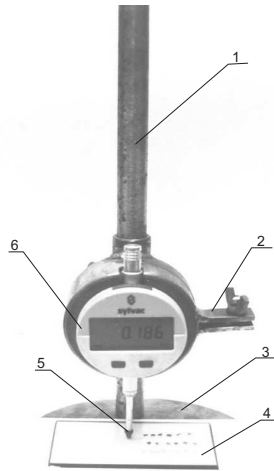
odkształceniom w testach osiowego ściskania dla kilku poziomów wilgotności potwierdził fakt, że nasiona większe posiadają niższą odporność okrywy na uszkodzenia. Analizując wyniki powyższych badań możemy dojść do wniosku, że przyczyną mniejszej odporności nasion dużych na uszkodzenia było niejednorodne zwiększanie objętości liścieni i okrywy nasiennej podczas ich dojrzwania, oraz uzasadnione staje się przypuszczenie występowania w nasionach wstępnych naprężeń okrywy spowodowanych ich pęcznieniem w miarę wzrostu wilgotności [3]. Z kolei istotny wpływ grubości okrywy nasiennej na sprężystość nasion wykazali Hebda i Frączek [8] badając między innymi nasiona grochu, łubinu i fasoli. Praktycznym zastosowaniem badań w zakresie zmiennej grubości okrywy nasiennej może być wskazanie miejsc podatnych na jej pęknięcie, a w konsekwencji zaproponowanie metody usuwania okrywy nasiennej z nasion.

CEL PRACY

Celem pracy było wykonanie pomiarów grubości okrywy nasiennej wybranych gatunków łubinów w aspekcie określenia jej nierównomierności. Zjawisko nierównomierności grubości okrywy prawdopodobnie ma istotny związek z liniami jej pęknięć podczas poddawania nasion siłom ściskającym na przykład w procesach rozdrabniania nasion łubinu.

METODYKA BADAŃ

Pomiarów grubości okrywy nasiennej trzech gatunków łubinu, tj. białego odmiany Wat, żółtego odmiany Juno i wąskolistnego odmiany Emir dokonano przy wykorzystaniu stanowiska pomiarowego przedstawionego na rysunku 1.



Źródło: *materiały własne autorów*

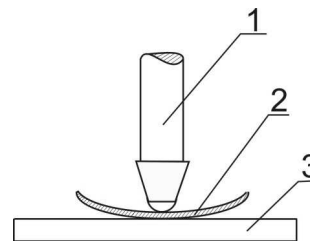
Rys. 1. Stanowisko pomiarowe: 1 – wspornik pionowy, 2 – uchwyt mocujący, 3 – stolik wspornika, 4 – płyta szklana, 5 – element dotykowy trzpienia pomiarowego czujnika, 6 – czujnik firmy „sylvac” typ 25 mm- 0,001/1”-0.0005 seria 4750

Fig. 1. Test stand: 1 – vertical bracket, 2 – grip, 3 – bracket table, 4 – glass plate, 5 – touch element of the sensor plunger, 6 – Sylvac sensor, type 25 mm – 0.001/1”-0.0005, series 4750

Stanowisko pomiarowe składa się z przyrządu pomiarowego szwajcarskiej firmy „sylvac” typ 25 mm- 0,001/1”-0.0005 seria 4750 o dokładności pomiaru 0,001 mm, którego końcówka pomiarowa dociska badaną próbkę do podłoża z siłą ok. 0,715 N. Przyrząd mocowano na metalowym wsporniku z podstawą. Stolik stanowiła szklana płyta, na której kładziono kolejne wycinki okrywy nasiennej łubinów. Badania przeprowadzono przy wilgotności

nasion 12%, którą określano metodą suszarkową zgodnie z PN-86/A-74011. Z każdej z badanych odmian pobierano losowo po 30 nasion, które przy pomocy skalpela krojono w dwóch płaszczyznach wzajemnie prostopadłych (rys. 2), a następnie z otrzymanych pasków odcinano kawałki okrywy nasiennej o wymiarach ok. 1 mm x 1 mm dbając, ażeby wycinki pomiarowe analizowane były z zachowaniem kolejności i miejsca względem płaszczyzny podziałowej liścieni (umownie lewa i prawa strona).

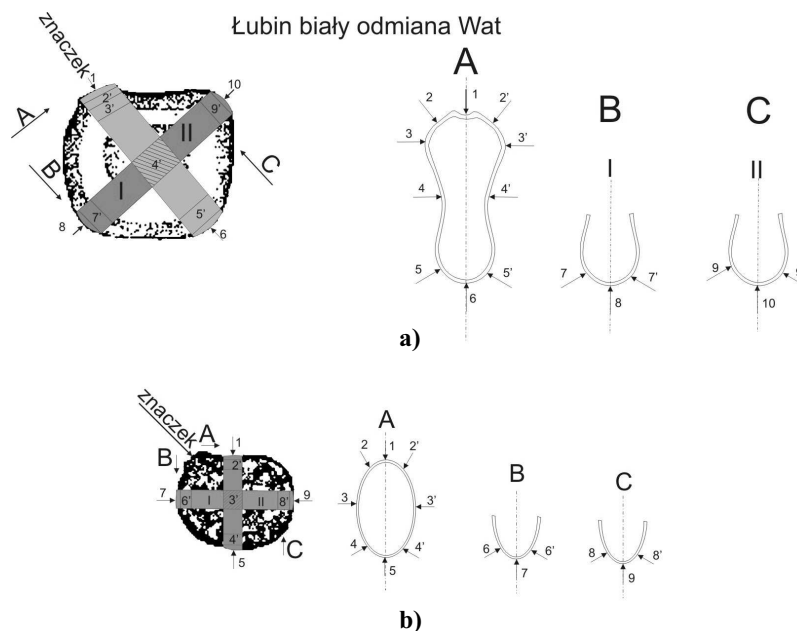
Wycinki okrywy nasiennej kładziono na szklanej szybce (rys. 3). Wynik końcowy pomiaru grubości jednego miejsca okrywy danego nasienia stanowił średnią arytmetyczną trzech pomiarów. Na podstawie odczytu pomiarów 30 nasion łubinów Juno, Emir i Wat, otrzymano zbiór danych o grubości okrywy nasiennej tych odmian w miejscach zaprezentowanych na rysunku 2. Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej korzystając z programu komputerowego Winstat [12]. Zastosowano analizę wariancji, weryfikując



Źródło: *opracowanie własne autorów*

Rys. 3. Schemat przygotowania okrywy nasiennej do pomiaru grubości: 1 – trzpień pomiarowy, 2 – okrywa nasienna, 3 – stolik wspornika

Fig. 3. Preparation for the measurement of seed coat thickness: 1 – plunger, 2 – seed coat, 3 – bracket table



Źródło: *opracowanie własne autorów*

Rys. 2. Punkty pomiarowe okrywy nasiennej: a) łubinu białego, odmiana Wat, b) łubinu żółtego, odmiana Juno i wąskolistnego odmiana Emir

Fig. 2. Points of measurement on the seed coats of: a) white lupine cv. Wat, b) yellow lupine cv. Juno and blue lupine cv. Emir

hipotezę H_0 , mówiącą że średnie różnice grubości okrywy nasiennej w wybranych punktach pomiarowych nie różnią się istotnie dla badanej odmiany łubinu. W przypadku odrzucenia hipotezy zerowej H_0 , stosowano test Duncana, w celu ustalenia istotności różnic [11]. Obliczenia przeprowadzono na poziomie istotności $\alpha=0,05$.

WYNIKI POMIARÓW

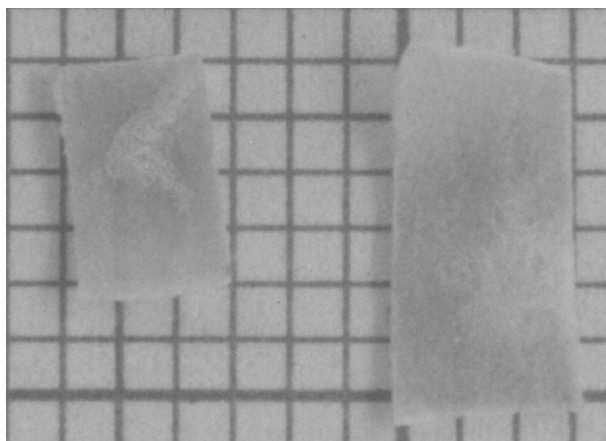
Wyniki pomiarów grubości okrywy nasiennej wybranych odmian łubinów białego, wąskolistnego i żółtego przedstawiono w tabeli 1. Przystępując do analizy wyników należy stwierdzić, że rozbieżność niektórych z nich (szczególnie położonych po przeciwnych stronach płaszczyzny podziału liścieni) wahała się od 0 do ok. 0,02 mm, co stanowi do ok. 10% grubości okrywy nasiennej w miejscu pomiaru.

Różnice grubości w poszczególnych obszarach pomiarowych dla łubinu wąskolistnego odmiany Emir (wyłączając z oceny obszar 1 – miejsce zarodka) dochodziły do 0,036 mm, co stanowi ok. 20% grubości okrywy w miejscu, gdzie jest ona najcieńsza (obszar 9 tab. 1).

Różnice grubości w poszczególnych punktach pomiarowych dla łubinu żółtego (wyłączając z oceny punkt 1 – miejsce zarodka) dochodziły do 0,049 mm, co stanowi ok. 30% grubości okrywy w miejscu, gdzie jest ona najcieńsza (obszar 5 tab. 1).

Różnice grubości w poszczególnych punktach pomiarowych dla łubinu białego odmiany Wat (wyłączając z oceny obszar 1 – miejsce znaczka) dochodziły do 0,098 mm, co stanowiło ok. 60% grubości okrywy w miejscu, gdzie była ona najcieńsza (obszar 6 tab. 1).

W niektórych nasionach występują miejsca o widocznie zaznaczonych obszarach o innej grubości okrywy (rys. 4).



Źródło: *materiały własne autorów*

Rys. 4. Część wewnętrzna okrywy nasiennej łubinu białego odmiany Wat – widoczne białe obszary o zmienionej grubości okrywy

Fig. 4. Inner seed coat of white lupine cv. Wat – white spots indicate changes in seed coat thickness

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów przedstawionych w powyższych analizach, stwierdzono znaczne – dochodzące do 60% dla łubinu białego, 20% dla

wąskolistnego i 30% dla żółtego, różnice w grubości okrywy nasiennej pomiędzy poszczególnymi badanymi punktami.

Po przeprowadzeniu statystycznej analizy istotności różnic grubości okrywy nasiennej trzech wymienionych odmian (tabele 2, 3 i 4) stwierdzono, że wszystkie analizowane odmiany charakteryzowały się podobieństwem wymiarów grubości okrywy względem płaszczyzny podziału przechodzącej przez powierzchnię podziału liścieni.

WNIOSKI

- Opracowana metoda pomiarowa umożliwia ustalenie nierównomierności grubości okrywy nasiennej. Stwierdzono, że:
 - najcieńsza okrywa w łubinie Emir występuje w obszarze (9), a najgrubsza w obszarze (2),
 - najcieńsza okrywa w łubinie Juno występuje w obszarach (5) i (9), a najgrubsza w obszarze (2),
 - najcieńsza okrywa przy łubinie Wat występuje w obszarach (6) i (8), a najgrubsza w obszarze (2).
- Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic grubości okrywy nasiennej trzech odmian łubinu (Juno, Emir, Wat) względem płaszczyzny podziału przechodzącej przez powierzchnię podziału liścieni.
- Można przypuszczać, że dla tak znacznych (dochodzących do 60% dla łubinu białego, 20% dla wąskolistnego i 30% dla żółtego) różnic w grubości okrywy nasiennej będą występować w ich obrębie miejsca jej pęknięcia w procesie zgniatania nasion.
- Badania należy kontynuować i zweryfikować empirycznie w celu potwierdzenia, czy w obszarach o zmniejszonej grubości okrywy nasiennej następuje początek procesu jej pęknięcia.

LITERATURA

- Arnold P. C., Roberts A. A. 1966.** J. Agricult. Eng. Res. Vol. 11, Nr 1, 38-43.
- Daoud A., Jankowski S. 1979.** Annals of Poznań. Agricult. Uniw. Vol. 107, 5-30.
- Dobrzański, jr B., 1998.** Mechanizmy powstawania uszkodzeń nasion roślin strączkowych. Rozprawa habilitacyjna. Inst. Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN, Lublin.
- Dorrell D.G., Adams M.W. 1969.** Effect of some seed characteristic on mechanically included seedcoat damage in navy beans. Agron. J., 61, 5, 672-673.
- Dziki D., Laskowski J. 2004.** Wpływ warunków kondycjonowania na energochłonność rozdrabniania ziarna jęczmienia i kukurydzy. MOTROL, 6, 88-95, Lublin.
- Gawłowski S., Laskowski J. 2011.** Wpływ wilgotności na proces rozdrabniania kukurydzy pastewnej. MOTROL, 13, 129-136, Lublin.
- Grzesiuk S., Kulka K. 1981.** Fizjologia i biochemia nasion. PWiL, Warszawa.

Tabela 1. Grubości okrywy nasiennej łubinów w wybranych miejscach pomiaru nasion
Table 1. Lupine seed coat thickness in selected points of measurement

Obszar	Łubin wąskolistny, odmiana Emir															
	1	2	3	4	5	4 PR	3 PR	2 PR	6	7	8	9	8 PR			
Średnia grubość okrywy nasiennej [mm]	1,2177	0,2165	0,1988	0,1853	0,1911	0,1853	0,1993	0,2167	0,1923	0,2046	0,1912	0,1881	0,1887			
Odchylenie standardowe [mm]	0,1472	0,0279	0,0093	0,0106	0,0127	0,0097	0,0094	0,0277	0,0093	0,0167	0,0110	0,0114	0,0101			
Współczynnik zmienności [%]	12,09	12,86	4,70	5,74	6,63	5,23	4,69	12,78	4,81	8,17	5,76	6,04	5,37			
	Łubin żółty, odmiana Juno															
Średnia grubość okrywy nasiennej [mm]	1,0166	0,2102	0,1912	0,1773	0,1625	0,1777	0,1922	0,2116	0,1788	0,1672	0,1781	0,1787	0,1779			
Odchylenie standardowe [mm]	0,1487	0,0115	0,0063	0,0081	0,0102	0,0083	0,0059	0,0100	0,0082	0,0115	0,0077	0,0058	0,0052			
Współczynnik zmienności [%]	14,63	5,48	3,27	4,56	6,28	4,67	3,07	4,72	4,58	6,90	4,31	3,24	2,93			
	Łubin biały, odmiana Wat															
Obszar	1	2	3	4	5	6	5 PR	4 PR	3 PR	2 PR	7	8	7 PR	9	10	9 PR
Średnia grubość okrywy nasiennej [mm]	1,1946	0,2557	0,1994	0,2218	0,1630	0,1561	0,1634	0,2233	0,2001	0,2588	0,1616	0,1489	0,1610	0,1697	0,1613	0,1690
Odchylenie standardowe [mm]	0,1557	0,0234	0,0122	0,0181	0,0101	0,0126	0,0090	0,0162	0,0113	0,0228	0,0129	0,0143	0,0127	0,0145	0,0148	0,0143
Współczynnik zmienności [%]	13,04	9,16	6,13	8,19	6,20	8,08	5,48	7,27	5,64	8,82	7,97	9,63	7,87	8,56	9,19	8,48

Przykład oznaczeń:

2 – obszar badań „2” (rys. 2)

2 PR – obszar badań „2 prim” (rys. 2)

Źródło: obliczenia własne autorów

Tabela 2. Porównanie różnic grubości okrywy nasiennej łubinu żółtego odmiany Juno między wybranymi punktami pomiarowymi nasion
Table 2. Comparison of differences in seed coat thickness between selected points of measurement – yellow lupine cv. Juno

Specyfikacja zmiennych	OB1	OB2	OB3	OB4	OB5	OB4 PR	OB3 PR	OB2 PR	OB6	OB7	OB6 PR	OB8	OB9	OB8 PR
OB1	0,0000	29,9701*	30,5384*	30,6655*	31,3087*	30,7267*	30,6544*	29,6736*	31,1067*	31,4803*	30,9327*	30,8657*	31,2597*	30,9610*
OB2	-29,9701*	0,0000	11,1025*	16,9268*	20,3493*	15,8402*	9,4437*	-0,9670	16,1307*	18,7123*	15,5389*	15,7105*	20,5238*	15,3788*
OB3	-30,5384*	-11,1025*	0,0000	11,6621*	16,9698*	9,7331*	-1,0699	-12,4892*	8,2795*	11,7608*	9,2299*	10,3920*	19,3764*	12,5167*
OB4	-30,6655*	-16,9268*	-11,6621*	0,0000	13,4763*	-0,8513	-12,6217*	-21,9804*	-1,1086	6,3899*	-0,5554	-1,1807	11,8843*	-0,5436
OB5	-31,3087*	-20,3493*	-16,9698*	-13,4763*	0,0000	-12,8421*	-19,2577*	-26,0784*	-9,1279*	-2,5076*	-8,3324*	-11,1807*	-0,5337	-9,7865*
OB4 PR	-30,7267*	-15,8402*	-9,7331*	0,8513	12,8421*	0,0000	-11,9480*	-22,3396*	-0,7663	6,9893*	-0,2243	-0,7108	12,5183*	-0,1261
OB3 PR	-30,6544*	-9,4437*	1,0699	12,6217*	19,2577*	11,9480*	0,0000	-12,2298*	9,0379*	12,8603*	9,8055*	12,4290*	22,5516*	14,0886*
OB2 PR	-29,6736*	0,9670	12,4892*	21,9804*	26,0784*	22,3396*	0,0000	19,4648*	17,5467*	22,5192*	17,5467*	19,8456*	25,5456*	19,8156*
OB6	-31,1067*	-16,1307*	-8,2795*	1,1086	9,1279*	0,7663	-9,0379*	-19,4649*	0,0000	7,7221*	0,9028	0,1233	8,6407	0,6658
OB7	-31,4803*	-18,7123*	-11,7608*	-6,3899*	2,5076*	-6,9893*	-12,8603*	-22,5192*	-7,7221*	0,0000	-6,8815*	-6,3400*	1,8966	-5,6248*
OB6 PR	-30,9327*	-15,5389*	-9,2299*	0,5554	8,3324*	0,2243	-9,8055*	-17,5467*	0,0000	6,8815*	0,0000	-0,4329	8,7549*	0,1221
OB8	-30,8657*	-15,7105*	-10,3920*	1,1807	11,1807*	0,7108	-12,4290*	-19,8456*	0,4329	6,3400*	0,0000	0,0000	11,1930*	0,9829
OB9	-31,2597*	-20,5238*	-19,3764*	-11,8843*	0,5337	-12,5183*	-22,5516*	-25,5456*	-8,6407*	-1,8966	-8,7549*	-11,1930*	0,0000	-12,1168*
OB8 PR	30,9610*	-15,3788*	-12,5167*	0,5436	9,7865*	0,1261	-14,0886*	-19,8156*	-0,6658	5,6248*	-0,1221	-0,9829	12,1168*	0,0000

* – różnice statystycznie istotne dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$

Przykład oznaczeń:

OB2 – obszar badań „2” (rys. 2)

OB2 PR – obszar badań „2 prim” (rys. 2)

Źródło: obliczenia własne autorów

Tabela 3. Porównanie różnic grubości okrywy nasiennej łubinu wąskolistnego odmiany Emir między wybranymi punktami pomiarowymi nasion
Table 3. Comparison of differences in seed coat thickness between selected points of measurement – blue lupine cv. Emir

Specyfikacja zmiennych	OB1	OB2	OB3	OB4	OB5	OB4 PR	OB3 PR	OB2 PR	OB6	OB7	OB6 PR	OB8	OB9	OB8 PR
OB1	0,0000	35,9455*	38,0027*	38,9479*	38,4885*	38,8874*	38,3215*	36,2766*	38,1330*	38,1333*	38,5939*	39,1996*	39,2756*	38,6232*
OB2	-35,9455*	0,0000	3,9963*	7,4349*	4,9816*	7,3359*	3,9070*	-0,0846	5,2261*	2,4017*	5,7241*	6,5417*	7,6229*	6,2903*
OB3	-38,0027*	-3,9963*	0,0000	11,0819*	3,7818+	11,5358*	-0,5619	4,0620*	4,7152*	-1,9188	5,1211*	5,9177*	8,7320*	5,8127*
OB4	-38,9479*	-7,4349*	-11,0820*	0,0000	-2,4644*	-0,0519	-11,9674*	-7,4956*	-4,6309*	-6,1065*	-3,8392*	-1,6601	2,2198*	-0,0041
OB5	-38,4885*	-4,9816*	-3,7818*	2,4644*	0,0000	2,6348*	-4,3055*	-5,0450*	-0,4300	-3,8696*	-0,0367	1,3169	4,1977*	1,0607
OB4 PR	-38,8874*	-7,3359*	-11,5358*	0,0519	-2,6348*	0,0000	-12,1621*	-7,3784*	-5,0531*	-6,0954*	-3,8149*	-1,7416	2,3097*	-2,1298*
OB3 PR	-38,3215*	-3,9070*	0,5619	11,9674*	4,3055*	12,1620*	0,0000	-4,0012*	4,4716*	-1,8569	5,3609*	6,7264*	9,6689*	6,0681*
OB2 PR	-36,2766*	0,0846	4,0620*	7,4956*	5,0450*	7,3784*	4,0013*	0,0000	5,2989*	2,2751*	5,8123*	6,5094*	7,7142*	6,3396*
OB6	-38,1330*	-5,2261*	-4,7152*	4,6309*	0,4300	5,0531*	-4,4716*	-5,2989*	0,0000	-3,7069*	0,8892	2,1135*	5,1980*	1,9789
OB7	-38,1333*	-2,4017*	1,9188	6,1065*	3,8696*	6,0954*	1,8569	2,2751*	3,7069*	0,0000	4,3827*	5,0419*	6,7679*	4,4226*
OB6 PR	-38,5939*	-5,7241*	-5,1211*	3,8392*	0,0367	3,8149*	-5,3609*	-0,8892	0,0000	-4,3827*	0,0000	1,7137	4,9652*	1,3452
OB8	-39,1996*	-6,5417*	-5,9177*	1,6601	-1,3169	1,7416	-6,7264*	-6,5094*	-2,1135*	-5,0419*	-1,7137	0,0000	4,3498*	-0,5599
OB9	-39,2756*	-7,6229*	-8,7320*	-2,2198*	-4,1977*	-2,3097*	-9,6689*	-7,7142*	-5,1980*	-6,7679*	-4,9652*	-4,3498*	0,0000	-4,6837*
OB8 PR	-38,6232*	-6,2903*	-5,8127*	2,0041*	-1,0607	2,1298*	-6,0681*	-6,3396*	-1,9789	-4,4226*	-1,3452	0,5599	4,6837*	0,0000

* – różnice statystycznie istotne dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$

Źródło: obliczenia własne autorów

Przykład oznaczeń:

OB2 – obszar badań „2” (rys. 2)

OB2 PR – obszar badań „2 prim” (rys. 2)

Tabela 4. Porównanie różnic grubości okrywy nasiennej łubinu białego odmiany Wat między wybranymi punktami pomiarowymi nasion

Table 4. Comparison of differences in seed coat thickness between selected points of measurement – white lupine cv. Wat

Specyfikacja zmiennych	OB1	OB2	OB3	OB4	OB5	OB6	OB5 PR	OB4 PR	OB3 PR	OB2 PR	OB7	OB8	OB7 PR	OB8 PR	OB9	OB10	OB9 PR
OB1	0,0000	32,4778*	35,1828*	34,6678*	36,8311*	37,7790*	36,9268*	34,4372*	34,9850*	31,4595*	36,7792*	38,3113*	37,0363*	37,1784*	37,9418*	36,6746*	
OB2	-32,4778*	0,0000	14,5488*	7,8157*	20,4193*	20,4739*	19,5887*	6,5974*	13,0053*	-0,7376	19,1182*	20,3913*	18,5991*	16,2080*	18,9353*	16,7877*	
OB3	-35,1828*	-14,5488*	0,0000	-9,9787*	18,2231*	19,3770*	17,1895*	-8,2391*	-0,2953	-14,4471*	17,8131*	20,5585*	19,1692*	12,2688*	15,5951*	13,9948*	
OB4	-34,6678*	7,8157*	9,9787*	0,0000	22,7693*	24,5340*	20,1897*	-0,6699	7,2978*	-8,0169*	21,3489*	25,1389*	20,2023*	19,0371*	22,6662*	19,7164*	
OB5	-36,8311*	-20,4193*	-18,2231*	-22,7693*	0,0000	5,6649*	-0,3391	-21,3618*	-19,3797*	-23,2233*	0,8705	8,2737*	1,1574	-4,0903*	0,9185	-3,6353*	
OB6	-37,7790*	-20,4739*	-19,3770*	-24,5340*	-5,6649*	0,0000	-6,1018*	-24,0778*	-19,0651*	-22,9287*	-2,3549*	4,5856*	-2,2873*	-8,5970*	-3,5385*	-7,9744*	
OB5 PR	-36,9268*	-19,5887*	-17,1895*	-20,1897*	0,3391	6,1018*	0,0000	-22,3040*	-18,0335*	-21,9635*	0,9586	8,6323*	1,3903	-3,5580*	1,1016	-3,1273*	
OB4 PR	-34,4372*	-6,5974*	8,2391*	0,6699	21,3618*	24,0778*	22,3040*	0,0000	8,6285*	-7,2032*	19,7638*	23,1175*	19,4127*	17,7725*	20,4001*	18,0559*	
OB3 PR	-34,9850*	-13,0053*	0,2953	-7,2978*	19,3797*	19,0651*	18,0335*	-8,6285*	0,0000	-15,8542*	18,6400*	20,5748*	17,6834*	11,5809*	15,4871*	12,9567*	
OB2 PR	-31,4595*	0,7376	14,4471*	8,0168*	23,2233*	22,9287*	21,9635*	7,2032*	15,8542*	0,0000	22,0273*	22,1919*	21,2599*	18,5219*	20,4472*	19,8760*	
OB7	-38,3113*	-20,3913*	-20,5585*	-17,8131*	-20,3913*	-22,9287*	-22,9287*	-23,1175*	-20,5748*	-22,1919*	0,0000	6,2166*	6,2166*	-4,5359*	0,1057	-3,9095*	
OB8	-37,0363*	-18,5991*	-19,1692*	-20,2023*	-1,1574	2,2873*	-1,3903	-19,4127*	-17,6834*	-21,2599*	-0,5627	6,8676*	0,0000	-5,1777*	-0,1476	-4,6655*	
OB7 PR	-37,1784*	-16,2080*	-12,2688*	-19,0371*	4,0903*	8,5970*	3,5579*	-17,7725*	-11,5809*	-18,5219*	4,5359*	12,0907*	5,1777*	0,0000	5,4786*	0,6881	
OB9	-37,9418*	-18,9353*	-15,5951*	-22,6662*	-0,9185	3,5385*	-1,1016	-20,4001*	-15,4871*	-20,4472*	-0,1057	8,8832*	0,1476	-5,4786*	0,0000	-5,3557*	
OB10	-36,6746*	-16,7877	-13,9948*	-19,7164*	3,6353*	7,9744*	3,1273*	-18,0559*	-12,9567*	-19,8760*	3,9095*	12,4034*	4,6655*	-0,6881	5,3557*	0,0000	

Źródło: obliczenia własne autorów

* – różnice statystycznie istotne dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$

Przykład oznaczeń:

OB2 – obszar badań „2” (rys. 2)

OB2 PR – obszar badań „2 prim” (rys. 2)

8. **Hebda T., Frączek J., 2005.** Wpływ wybranych czynników na wartość wskaźnika odkształcenia nasienia. *Inżynieria Rolnicza* 11(71), Kraków, 171-180.
9. **Jankowski S., 1981.** Zarys technologii młynarstwa i kaszarstwa. Wyd. Nauk.-Techn., Warszawa.
10. **Laskowski J., Janiak G. 1996.** Metodyka określania cech wytrzymałościowych ziarna dla potrzeb przetwórstwa. *Biul. Nauk. Przem. Pasz.*, 1, 45-58.
11. **Luszniewicz A. 2008.** Statystyka z pakietem komputerowym Statistical Pl. Teoria i zastosowania. Wyd. C.H. Beck, Warszawa.
12. **Mikołajczak J. 2001.** Statystyka matematyczna z pakietem "Winstat" na CD. Wyd. UWM, Olsztyn.
13. **Mohsenin N. N. 1970.** Physical properties of plant and animal materials. Vol. 1, Gordon a. Breach Sci. Publ. Paris, New York, London.
14. **Naumow I. A. 1975.** Sowerszenstwowanije kondicjonirowanijai izmielczenija pszenicy rzi. Kołos, Moskwa.
15. **Paulsen M.R. 1978.** Fracture resistance of soybeans to compressive loading. *Transaction of the ASAE*, 1210-1216.
16. **Szot B., Grundas S., Grochowicz J. 1973.** *Rocz. Nauk Rol. T. 70-C*, Nr 3.
17. **Woźniak W., Grundas S. 2006.** Porównanie właściwości mechanicznych ziarna pszenicy i jęczmienia przed oraz po nawilżaniu i suszeniu. *MOTROL*, 8, 261-269, Lublin.

MEASUREMENT OF SEED COAT THICKNESS
IN THREE LUPINE CULTIVARS –
A COMPARATIVE ANALYSIS

Summary. The seed coats of three lupine cultivars were measured to identify points of decreased thickness and to determine (with a specified degree of probability) whether there exist significant differences in seed coat thickness in selected points of measurement. An analysis of the obtained results showed that the three examined lupine cultivars did not differ significantly with respect to seed coat thickness measured relative to the cotyledon parting plane.

Key words: thickness, seed coat, lupine, test stand, measurement.

Математическая модель высокомоментного гидромотора с упруго-инерционной нагрузкой

Анатолий Панченко, Анжела Волошина, Андрей Засядько

Таврический государственный агротехнологический университет
72312, Украина, г. Мелитополь, пр-т Б.Хмельницкого, 18, e-mail: tia_tgata@bk.ru

Аннотация. Рассматривается математическая модель рабочих процессов, происходящих в исполнительном механизме, включающем в себя высокомоментный гидромотор и упруго-инерционную нагрузку. Также выполнено более полное математическое описание процессов, происходящих в высокомоментном гидромоторе с учетом особенностей функционирования и взаимного влияния его элементов, а также особенностей рабочей жидкости.

Ключевые слова: математическая модель, рабочие процессы, исполнительный механизм, высокомоментный гидромотор, гидровращатель, упруго-инерционная нагрузка.

процессов, происходящих в гидровращателе на базе усовершенствования математической модели в составе гидроагрегата, включающей функциональные выражения, ограничения и критерии, описывающие рабочие процессы и функционирование узлов гидровращателя и их взаимодействие с рабочей жидкостью, как единое целое.

Таким образом, исследование рабочих процессов и их влияния на выходные характеристики гидровращателя на базе уточненных физической и математической моделей, учитывающих особенности функционирования и взаимное влияние его элементов, а также особенностей рабочей жидкости является актуальной задачей.

ВВЕДЕНИЕ

Перспективы применения гидросистем привода активных рабочих органов мобильной техники объясняются спецификой требований к приводам, ограниченной номенклатурой гидромашин и гидроагрегатов, неудовлетворительными их выходными характеристиками и др.

Сегодня к гидромашинам вращательного действия, которые используются в приводах активных рабочих органов мобильной техники, выдвигаются новые требования: большой (больше 5000 Н·м) крутящий момент и низкая (до 10 об/мин) частота вращения при сохранении массогабаритных показателей. Таким требованиям удовлетворяют гидравлические вращатели, которые представляют собой совершенно новое направление в развитии высокомоментных гидромашин вращательного действия.

Однако, существует ряд особенностей, без учета которых невозможно улучшить выходные характеристики этих гидромашин. К ним можно отнести: математическое описание гидромеханических и динамических процессов, происходящих в элементах гидровращателя в условиях эксплуатации; исследование рабочих про-

АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ

Физические, динамические и гидравлические процессы, протекающие в гидроприводах и их элементах в процессе эксплуатации, связаны с движением рабочей жидкости в трубопроводах, по каналам с местными сопротивлениями, а также через рабочие окна и щели гидравлических машин и агрегатов (возникновение колебаний давления и расходов из-за сжимаемости рабочих жидкостей, воздействие потоков жидкостей на элементы гидроагрегатов и т.д.) [1]. Поэтому наряду с основными потоками рабочей жидкости, необходимых для функционирования гидравлической системы, возникают дополнительные течения в зазорах между деталями механизмов и узлами гидравлической аппаратуры.

Анализ работ в области разработки математических моделей процессов, происходящих в гидроприводах и их элементах [2-7] показал, что математические модели, разработанные авторами предыдущих исследований, недостаточно корректно отражали рабочие процессы гидравлических вращателей и не в полной мере описывали работу и взаимосвязи его элементов; принятый ряд

допущений хоть и упрощал производимые вычисления, но сильно искажал точность показателей, полученных при использовании известных математических моделей применительно к гидравлическим вращателям.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Улучшение выходных характеристик гидравлических вращателей, применяемых для приводов активных рабочих органов мобильной техники, путем разработки физической и математической моделей, учитывающих особенности функционирования и взаимное влияние его элементов, а также особенности рабочей жидкости.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Математические описания высокомоментного гидровращателя, упруго-инерционной нагрузки, а также рабочей жидкости, основано на известных общих уравнениях движения сплошной среды с использованием экспериментальных значений коэффициентов гидравлических сопротивлений, расходов и гидродинамических сил [1]. Характерными для общих уравнений и зависимостей гидромеханики являются динамические процессы, при которых движение рабочих жидкостей будет неустановившимся, то есть в любой точке живого сечения потока давление, скорость и плотность рабочей жидкости зависят от времени, что вынуждает принимать квазистационарные значения коэффициентов количества движения, кинетической энергии, гидравлического сопротивления, состояния потока и т.д. [8,9].

Высокомоментный гидровращатель применяется для привода активных рабочих органов мобильной техники с большими инерционными нагрузками (приведенный момент инерции изменяется в диапазоне $0,1 \leq J \leq 1500 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$). Поэтому, при составлении расчетной схемы гидровращателя (рис.1) учитывалась инерционная нагрузка с упругими связями [10-14].

Отличительной особенностью предлагаемой расчетной схемы (рис. 1) высокомоментного гидровращателя с упруго-инерционной нагрузкой, является возможность дискретного рассмотрения всех элементов, а так же рабочей жидкости, как единого целого с учетом их взаимосвязей и взаимного влияния.

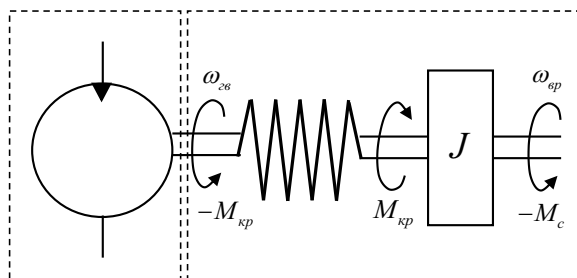


Рис. 1. Расчетная схема гидровращателя с упруго-инерционной нагрузкой
Fig. 1. Design model of hydraulic rotators with elastic-inertial load

Для разработки математической модели гидровращателя с инерционной нагрузкой необходимо последовательно рассмотреть все математические зависимости описывающие динамику изменения выходных характеристик гидравлического вращателя с учетом его конструктивных особенностей, а затем описать динамику воздействия инерционной нагрузки на «вал» гидровращателя.

Высокомоментный гидравлический вращатель. Для разработки математической модели рабочих процессов высокомоментного гидровращателя планетарного типа необходимо описать динамику изменения его выходных характеристик в зависимости от изменения прикладываемой инерционной нагрузки. Необходимые зависимости описываются уравнениями неразрывности (расходов) и уравнениями моментов на «валу» гидровращателя исследуемого гидроагрегата.

Согласно схеме расходов (рис. 2) гидровращателя [5], уравнение расходов высокомоментного гидровращателя имеет вид:

$$Q_{зв}(t) = Q_{зв,з}(t) + Q_{зв,у}(t) + Q_{зв,л}(t) + Q_{зв,к}(t) + Q_{зв,д}(t), \quad (1)$$

где: $Q_{зв,у}(t)$ – расход утечек высокомоментного гидровращателя; $Q_{зв,л}(t)$ – расход перетечек высокомоментного гидровращателя.

Расход $Q_{зв,к}(t)$, вызванный компрессией рабочей жидкости в гидровращателе, определяется из выражения:

$$Q_{зв,к}(t) = \frac{C_{зв} \cdot \omega_{зв}(t) \cdot [p_1(t) - p_{сл}]}{E_{эс}}, \quad (2)$$

где: $C_{зв} = \frac{(2W_{зв,м} + W_{зв})}{2}$ – коэффициент пропорциональности,

где: $W_{зв} = \frac{V_{зв}}{2\pi}$ – характерный объем гидровращателя,

$W_{зв,м} = \frac{V_{зв,м}}{2\pi}$ – характерный «мертвый» объем гидровращателя,

$V_{зв}$ – рабочий объем гидровращателя, равен:

$$V_{зв} = 2\pi \cdot R_n \cdot Z_n \cdot b \cdot e$$

где: e – межцентровое расстояние между вытеснителями;
 b – высота направляющей гидровращателя;
 R_n – радиус делительной окружности направляющей;

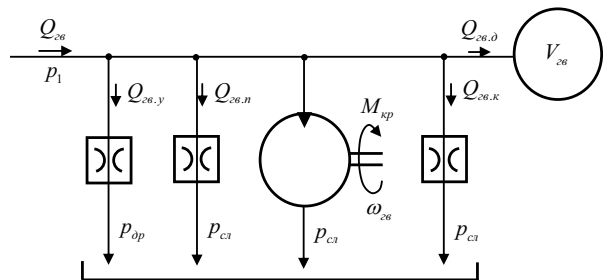


Рис. 2. Схема расходов высокомоментного гидровращателя
Fig. 2. The model of high-torque hydraulic rotators consumption

Z_H – число зубьев направляющей гидровращателя;
 $V_{зв.м}$ – «мертвый» объем гидровращателя.

Деформационный расход гидровращателя $Q_{зв.д}(t)$, определяется выражением:

$$Q_{зв.д}(t) = \frac{V_{зв.д}}{E_{жс}} \frac{dp_1(t)}{dt}, \quad (3)$$

где: $V_{зв.д} = 0,5 \cdot (2\pi \cdot R_H \cdot Z_H \cdot b \cdot e + V_{зв.м})$ – объем рабочей жидкости в нагнетательной магистрали гидровращателя.

Тогда:

$$Q_{зв.д}(t) = \frac{(2\pi \cdot R_H \cdot Z_H \cdot b \cdot e + V_{зв.м}) dp_1(t)}{2 \cdot E_{жс} dt}. \quad (4)$$

Геометрический расход рабочей жидкости гидровращателя, определяется выражением:

$$Q_{зв.г}(t) = \frac{V_{зв}}{2\pi} \cdot \omega_{зв}(t) = R_H \cdot Z_H \cdot b \cdot e \cdot \omega_{зв}(t). \quad (5)$$

При подстановке в выражение (1) всех составляющих расходов получим:

$$Q_{зв}(t) = R_H \cdot Z_H \cdot b \cdot e \cdot \omega_{зв}(t) + C_{зв.у} \cdot p_1(t) + C_{зв.н} \cdot [p_1(t) - p_{св}(t)] + C_{зв} \cdot \frac{\omega_{зв}(t)}{E_{жс}} \cdot [p_1(t) - p_{св}(t)] + \frac{(2\pi \cdot R_H \cdot Z_H \cdot b \cdot e + V_{зв.м}) dp_1(t)}{2 \cdot E_{жс} dt}. \quad (6)$$

Так как, в гидросистеме практически всегда установлен предохранительный клапан, срабатывающий от превышения давления в нагнетательной магистрали, то расход рабочей жидкости, подводимый к гидровращателю, в моменты превышения давления в нагнетательной магистрали, будет определяться выражением:

$$Q_{зв}(t) = Q_H(t) - Q_{св}(t),$$

а уравнение неразрывности расходов в гидросистеме с гидровращателем будет иметь вид:

$$Q_{зв.г}(t) + Q_{зв.у}(t) + Q_{зв.н}(t) + Q_{зв.к}(t) + Q_{зв.д}(t) = Q_{н.г}(t) - Q_{н.у}(t) - Q_{н.л}(t) - Q_{н.к}(t) - Q_{н.д}(t) - Q_{св}(t). \quad (7)$$

Для определения давления нагнетания $p_1(t)$ в системе, решим уравнение расходов (1) относительно производной давления

$\frac{dp_1(t)}{dt}$ с подстановкой составляющих

$Q_{н.д}(t)$, $Q_{зв.д}(t)$ и $Q_{зв.г}(t)$, содержащих эту производную. После преобразований получим:

$$\frac{dp_1(t)}{dt} = \frac{E_{жс}}{(V_{н.д} + V_{зв.д} + V_{мр})} \left\{ \frac{0,5 \pi \cdot b \cdot (D_e^2 - d^2 - \frac{t_0^2}{3})}{2\pi} \times \omega_{н}(t) \cdot e - R_H \cdot Z_H \cdot b \cdot e \cdot \omega_{зв}(t) - [p_1(t) - p_{дп} - \right.$$

$$\left. - \frac{3\rho \cdot \omega_{зв}^2 (R^2 - r^2)}{20} \right] \cdot \frac{2\pi \cdot \delta^3}{12\mu \cdot \ln \frac{R}{r}} - b \cdot \left(\frac{1}{8\mu} \cdot \frac{p_1(t) - p_{св}}{\Delta\tau} \cdot A_1 - \pi \cdot R_{ш}^2 \cdot B_1 \right) - C_{зв.у} \cdot p_1(t) - C_{зв.н} \cdot [p_1(t) - p_{св}] - \frac{1}{E_{жс}} \cdot [C_{н} \cdot \omega_{н}(t) + C_{зв} \cdot \omega_{зв}(t)] \times [p_1(t) - p_{св}] - \mu \cdot \pi \cdot d_n \cdot x(t) \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} [p_1(t) - p_{св}]} - S_{пр} \frac{dx}{dt} \}. \quad (8)$$

Интегрируя полученное выражение, получаем давление $p_1(t)$ в нагнетательной магистрали гидроагрегата.

Уравнение моментов на «валу» гидровращателя в общем случае имеет вид:

$$M_{кр} - M_c = J \cdot \frac{d\omega_{зв}(t)}{dt}. \quad (9)$$

Крутящий момент на «валу» гидровращателя определяется из выражения:

$$M_{кр} = \frac{V_{зв}}{2\pi} \cdot \eta_{з.м} \cdot [p_1(t) - p_{св}], \quad (10)$$

Подставляя в уравнение (9) выражение (10), получаем:

$$\frac{d\omega_{зв}(t)}{dt} = \frac{1}{J} \cdot \left[\frac{V_{зв}}{2\pi} \cdot \eta_{з.м} \cdot [p_1(t) - p_{св}] - M_c \right]. \quad (11)$$

Интегрируя полученное выражение, находим угловую скорость $\omega_{зв}(t)$ «вала» гидровращателя.

Полученные уравнения (1...11), описывают динамику изменения угловой скорости $\omega_{зв}(t)$ и крутящего момента $M_{кр}$ «вала» гидровращателя в исследуемом гидроагрегате.

Инерционная нагрузка. Приведенный момент инерции J для привода активных рабочих органов мобильной техники с большими инерционными нагрузками изменяется в диапазоне $0,1 \leq J \leq 1500 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Поэтому для получения достоверной математической модели необходимо описать динамические свойства инерционной нагрузки с упругими связями [10-11].

Механизмы вращения могут испытывать динамическую нагрузку как в периоды неустановившегося движения (пуск и остановка), так и в периоды установившейся работы. При пуске и остановке, динамические нагрузки, в связи с наличием в механизмах нагрузки больших движущихся масс, достигают по сравнению со статическими нагрузками значительно больших значений. При установившейся работе механизмов вращения, представленных в виде двух масс, соединенных упругим звеном (рис. 3), имеют место крутильные колебания относительно невысоких собственных частот, вследствие этого может произойти совпадение частот собственных колебаний системы с частотой вынужденных колебаний [12,14].

При разработке математической модели упруго-инерционной нагрузки условимся [12] в дальнейшем считать, что:

$J_{зв}$ – приведенный момент инерции вращающихся частей гидровращателя,

J_{np} – приведенный момент инерции вращающихся частей привода активного рабочего органа мобильной машины,

$\varphi_{зв}$ – приведенный угол поворота «вала» гидровращателя,

φ_{np} – приведенный угол поворота активного рабочего органа мобильной машины,

M_u – избыточный (ускоряющий) вращающий момент,

M_c – момент статического сопротивления вращению активного рабочего органа мобильной машины,

c – приведенная угловая жесткость элементов передач механизма вращения активного рабочего органа мобильной машины.

Условимся, что кинетическая энергия вращающихся частей гидровращателя и активного рабочего органа будет равна:

$$T = \frac{J_{np}}{2} \cdot \left(\frac{d\varphi_{np}}{dt} \right)^2 + \frac{J_{зв}}{2} \cdot \left(\frac{d\varphi_{зв}}{dt} \right)^2,$$

а потенциальная энергия соответственно:

$$V = \frac{(\varphi_{np} - \varphi_{зв})^2 \cdot c}{2}.$$

Действующий на массу J_{np} внешний момент равен:

$$M_{np} = M_c + M_u.$$

Дифференцируя T по $\frac{d\varphi_{np}}{dt}$ и t , а также V по φ_{np} ,

получим дифференциальное уравнение движения массы с моментом J_{np} в следующем виде:

$$J_{np} = \frac{d^2\varphi_{np}}{dt^2} + (\varphi_{np} - \varphi_{зв}) \cdot c = M_c + M_u. \quad (12)$$

Действующий на массу $J_{зв}$ внешний момент равен:

$$M_{зв} = -M_c - m \cdot g \cdot s,$$

где: s – амплитуда колебаний.

Тогда уравнение движения примет вид:

$$J_{зв} \frac{d^2\varphi_{зв}}{dt^2} - (\varphi_{np} - \varphi_{зв}) \cdot c = -M_c - m \cdot g \cdot s. \quad (13)$$

Умножив выражения (12) на $J_{зв}$, а (13) на J_{np} , после преобразований получим.

$$\begin{aligned} & \frac{d^2\varphi_{np}}{dt^2} - \frac{d^2\varphi_{зв}}{dt^2} + \frac{(J_{зв} + J_{np}) \cdot c}{J_{зв} \cdot J_{np}} \cdot (\varphi_{np} - \varphi_{зв}) \cdot c = \\ & = \frac{M_c \cdot (J_{зв} + J_{np})}{J_{зв} \cdot J_{np}} + \frac{M_u}{J_{зв}} + \frac{m \cdot g \cdot s}{J_{np}}. \end{aligned} \quad (14)$$

С учетом амплитуды колебаний нагрузки [12] выражение (14) примет вид:

$$\begin{aligned} & \left(\frac{d^2\varphi_{np}}{dt^2} - \frac{d^2\varphi_{зв}}{dt^2} \right) + \frac{(J_{зв} + J_{np}) \cdot c}{J_{зв} \cdot J_{np}} \times \\ & \times (\varphi_{np} - \varphi_{зв}) \cdot c = \frac{M_c \cdot (J_{зв} + J_{np})}{J_{зв} \cdot J_{np}} + \\ & + \frac{M_u}{J_{зв}} + \frac{M_u \cdot m}{J_{np} \cdot (m + J_{зв} + J_{np})} \times \\ & \times \left[1 - \cos \sqrt{g \cdot \left(1 + \frac{m}{J_{зв} + J_{np}} \right)} \cdot t \right]. \end{aligned} \quad (15)$$

В выражении (13) обозначим:

$$\begin{aligned} k_1 &= \sqrt{\frac{(J_{зв} + J_{np}) \cdot c}{J_{зв} \cdot J_{np}}}, \\ k_2 &= \sqrt{g \cdot \left(1 + \frac{m}{J_{зв} + J_{np}} \right)}. \end{aligned}$$

Тогда, общее уравнение деформации упругого звена будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \varphi_{np} - \varphi_{зв} &= A \cdot \sin k_1 t + B \cdot \cos k_1 t + \\ & + \frac{M_u \cdot m}{J_{зв} \cdot (m + J_{зв} + J_{np})} \cdot \left(\frac{1}{k_1^2} - \frac{1}{k_1^2 - k_2^2} \cdot \cos k_2 t \right) + \\ & + \frac{M_u}{J_{np} \cdot k_1^2} + \frac{M_c}{c}. \end{aligned} \quad (16)$$

Для случая пуска ($t = 0$):

$$\varphi_{np} - \varphi_{зв} = \frac{M_c}{c}, \quad \frac{d\varphi_{np}}{dt} - \frac{d\varphi_{зв}}{dt} = 0, \quad A = 0$$

$$B = -\frac{M_u}{k_1^2} \left[\frac{1}{J_{np}} - \frac{m \cdot k_2^2}{(k_1^2 - k_2^2) \cdot J_{зв} \cdot (m + J_{зв} + J_{np})} \right].$$



Рис. 3. Расчетная схема упруго-инерционной нагрузки

Fig. 3. Design model of the elastic-inertial load

Тогда уравнение (16) примет вид:

$$\begin{aligned} \varphi_{np} - \varphi_{zv} = & \frac{M_u}{J_{np} \cdot k_1^2} (1 - \cos k_1 t) + \\ & + \frac{M_u \cdot m \cdot k_2^2}{J_{zv} \cdot (k_1^2 - k_2^2) \cdot (m + J_{zv} + J_{np})} \times \\ & \times \left(\frac{1}{k_1^2} \cdot \cos k_1 t - \frac{1}{k_2^2} \cdot \cos k_2 t \right) + \\ & + \frac{M_u \cdot m}{J_{zv} \cdot k_1^2 \cdot (m + J_{zv} + J_{np})} + \frac{M_c}{c}. \end{aligned}$$

Момент, воспринимаемый упругим звеном при пуске планетарного гидровращателя, соответственно, будет равен:

$$\begin{aligned} M_{кр} = & (\varphi_{np} - \varphi_{zv}) \cdot c = \\ & \frac{M_u \cdot c}{J_{np} \cdot k_1^2} (1 - \cos k_1 t) + \\ & + \frac{M_u \cdot m \cdot k_2^2 \cdot c}{J_{zv} \cdot (k_1^2 - k_2^2) \cdot (m + J_{zv} + J_{np})} \times \\ & \times \left(\frac{1}{k_1^2} \cdot \cos k_1 t - \frac{1}{k_2^2} \cdot \cos k_2 t \right) + \\ & + \frac{M_u \cdot m \cdot c}{J_{zv} \cdot k_1^2 \cdot (m + J_{zv} + J_{np})} + M_c. \end{aligned} \quad (17)$$

Поскольку составляющие частоты k_1 и k_2 не зависят друг от друга, то для планетарных гидравлических вращателей, принимаем [12], что:

$$k_1^2 - k_2^2 \approx k_1^2, \text{ где } k_1^2 = \frac{(J_{zv} + J_{np}) \cdot c}{J_{zv} \cdot J_{np}}.$$

Тогда, максимальное значение нагрузки гидровращателя будет определяться выражением:

$$M_{\max} = \frac{2M_u (m + J_{zv})}{m + J_{zv} + J_{np}} + M_c. \quad (18)$$

Выражение (18) справедливо при предварительном нагружении гидровращателя силой, равной или близкой силе статического сопротивления вращению.

Полученные математические модели рабочих процессов, происходящих в гидровращателе с упруго-инерционной нагрузкой позволяют использовать их для моделирования работы гидровращателя в процессе эксплуатации.

ВЫВОДЫ

В результате выполненных исследований разработана математическая модель рабочих процессов гидровращателя с упруго-инерционной нагрузкой, описывающая динамические и статические процессы, происходящие в элементах гидровращателя, учитывающие особенности функционирования и взаимное влияние его элемен-

тов, а также особенности рабочей жидкости, выполнено более полное математическое описание процессов, происходящих в каждом элементе, что дает возможность исследования статических и динамических характеристик гидровращателя в процессе эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Попов Д.Н., 1987:** Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 464.
2. **Башта Т.М., 1971:** Машиностроительная гидравлика. – М.: Машиностроение, 672.
3. **Конonenко А.П., Устименко Т.А., Селивра С.А., Яценко А.Ф., 2008:** Математическая модель рабочего процесса гидравлического ударного механизма // Наукові праці ДНТУ: Серія гірничо-електромеханічна. – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ». – Вип. 16 (142), 258-263.
4. **Лурье З.Я.** Динамика гидропривода высокоинерционных механизмов на базе высокомоментного гидромотора // З.Я. Лурье, Г.А. Аврунин, А.И. Жерняк, Е.П. Иваницкая / Вестник машиностроения. – №8, 7-10.
5. **Панченко А.И., 2011:** Математическая модель гидропривода вращательного действия // А.И. Панченко, А.А. Волошина / Науковий вісник ТДАТУ. – Мелітополь. – Вип.1. – Т.1., 10-21.
6. **Попов Д.Н., 1977:** Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. – М.: Машиностроение, 424.
7. **Свешников В.К., Усов А.А., 1988:** Станочные гидроприводы. – М.: Машиностроение, 512.
8. **Лурье З.Я., 2004:** Оптимальное проектирование высокомоментного гидромотора и оценка динамических свойств гидросистемы на его базе // З.Я. Лурье, И.Г. Лищенко / Промислова гідравліка і пневматика. – № 1(3), 30-34.
9. **Стругинський В.Б., 2001:** Математичне моделювання процесів та систем механіки. – Житомир: ЖІТІ, 612.
10. **Бажин И.И., 1988:** Автоматизированное проектирование машиностроительного гидропривода / И.И. Бажин, Ю.Г. Беренгард, М.М. Гайцгори и др. Под общей ред. С.А. Ермакова. – М.: Машиностроение, 312.
11. Прикладная и инженерная математика [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.simumath.net/library/book.html>.
12. **Комаров М.С., 1969:** Динамика грузопъемных машин. – М.: Машиностроение, 267.
13. **Андренко П., Свиаренко М., 2009:** Математическая модель гидравлического гасителя пульсаций давления с автоматической подстройкой параметров // MOTROL. – №11В, 42-49.
14. **Лурье З., Федоренко И., 2011:** Аппаратно-программный комплекс для определения моментов инерции элементов и в целом мехатронного гидроагрегата системы смазки // MOTROL. – №13С, 106-115.

MATHEMATICAL MODEL OF THE HIGH-TORQUE
HYDRAULIC MOTOR
WITH THE ELASTIC-INERTIAL LOAD

Summary. A mathematical model of working processes in the actuator which includes high-torque motor and elastic-inertial load. More complete mathematical description of the

processes occurring in the high-torque hydraulic motor with the characteristics of its operation and the mutual influence of its elements and also the working fluid features has been performed.

Key words: the mathematical model, working processes, an actuator, high-torque hydraulic motor, hydraulic rotator, elastic-inertial load.

Термодинамическая возможность повышения эффективности ДВС

Геннадий Подзноев, Умер Абдулгасис, Татьяна Жарик

Крымский инженерно-педагогический университет

г. Симферополь, Украина, ул. Севастопольская, 21, e-mail: podznoev_gp@hotmail.com

Аннотация. Проведен термодинамический анализ возможности каталитического риформинга эмульгированного водой дизельного топлива за счет теплоты отработавших газов. Полученные результаты свидетельствуют о потенциальной возможности существенного повышения эффективности дизельного двигателя при значительном улучшении кинетики и качества сгорания топлива и заметного снижения вредных выбросов в отработавших газах. Расчетами подтверждено существенное снижение расхода первичного дизтоплива при сохранении количества полезной работы.

Ключевые слова: Дизельное топливо, термический риформинг, регенерация теплоты, термодинамика сгорания.

мическую величину, кардинально влияющую на общепланетный тепловой баланс и на экологию окружающей среды. В масштабах современного объема потребления энергоносителей транспортным сектором указанный выше уровень нерациональных потерь не может быть приемлемым в период нарастающего истощения запасов традиционных углеводородных энергоносителей и возрастающего напряжения экологической ситуации [4].

Экспертами подсчитано, что если увеличить КПД всех двигателей внутреннего сгорания (ДВС) хотя бы на один процент, мировая экономика сэкономила бы более триллиона долларов или в нефтяном эквиваленте более 9 млрд. баррелей.

ВВЕДЕНИЕ

Ключевой проблемой автотранспортного сектора являются максимизация использования теплоты сгорания моторного топлива [1, 2, 3]. Как следствие первого закона термодинамики, вводимая в термодинамическую систему теплота расходуется на совершение полезной работы и на изменение внутренней энергии системы. В практическом выражении это означает, что в любом случае часть теплоты останется в системе неиспользованной. В приложении к реальным циклам тепловых двигателей эта часть теплоты выводится из системы в виде горячих отработанных газов и в виде тепловых потерь в систему охлаждения двигателя. В частности, для циклов ДВС доля теплоты, неиспользуемой для совершения полезной работы, составляет около 60%. В дизелях доля потерь энергии топлива, уносимой из рабочего пространства с отработавшими газами, достигает 40%.

Таким образом, для всего транспортного парка планеты нерациональные потери тепловой энергии в автомобильных двигателях составляют астроно-

АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ

Располагаемая теплота сгорания дизельного топлива расходуется на полезную работу адиабатного расширения (45 %) , тепловые потери через стенки рабочего цилиндра в систему охлаждения (25 %) и выводимую во внешнюю среду теплоту отработавших газов (30 %). В целом, на совершение полезной работы тратится меньшая часть энергопотенциала исходного топлива.

Кинетика сгорания топлива также включает в себя определенные потери потенциально располагаемой теплоты, связанные с фазовыми переходами. Поскольку в камеру сгорания подается жидкое топливо с температурой окружающей среды, то перед его сгоранием требуется затратить вполне конкретную энергию на его нагрев до кипения и последующего испарения. При этом основные составляющие дизельного топлива алкановые фракции ряда тридекан-пентадекан-гептадекан [5, 6, 7] имеют существенные различия в температуре испарения (табл. 1).

Таблица 1. Характеристики дизельного топлива по фракциям**Table 1.** Characteristics of diesel fuel fractions

Название в-ва	$\mu_{\text{м}},$ Г	m, г	% содер	$t_{\text{кип}},$ °С	$\rho_{\text{паров}},$ кг/м ³	$\mu,$ моль	$\Delta H_{\text{табл.}}$ кДж/моль	$\Delta H_{\text{расч.}}$ кДж/моль	$\Delta H \times \mu$ кДж
тридекан C ₁₃ H ₂₈	184	0,1	50	235,4	8,21	0,000543	-311,728	-8189,532	4,4469
пентадекан C ₁₅ H ₃₂	212	0,06	30	270,61	9,46	0,000283	-352,989	-9418,911	2,665
гептадекан C ₁₇ H ₃₆	240	0,04	20	303	10,7	0,000166	-394,187	-10648,433	1,7676
Σ		2				0,000992			8,9016

Вследствие этого наиболее высококипящие компоненты (гептадекан) могут не успеть сгореть до конца, снижая тем самым общий тепловой баланс.

Сравнительный термодинамический расчет идеального цикла Дизеля с поправками на кинетику сгорания условного дизельного топлива из балансового соотношения его основных алкановых фракций показал, что на их нагрев до температуры кипения и последующего испарения необходимо заимствование теплоты порядка 10...12 % из располагаемой. Соответственно снижается температура в камере сгорания и полезная работа цикла на 10...12 %. Такие же потери будут и в случае использования водотопливных эмульсий, поскольку вода обладает высокой теплоемкостью.

Этих потерь можно избежать путем ввода в процесс предварительно подогретого топлива, например, прогоняя топливо через теплообменник, обдуваемый отработавшими газами.

Частично теплота отработавших газов используется в дизельных двигателях с турбонаддувом, когда выходящие из цилиндра под избыточным давлением газы вращают крыльчатку турбины и передают энергию соосно совмещенной с ней крыльчатке воздушного компрессора. Часть кинетической энергии газов трансформируется в механическую и далее возвращается в виде дополнительного давления в рабочий цикл на стадии адиабатного сжатия и горения топлива. На это используется около 25% энергии выхлопных газов.

Турбонаддув позволяет не только повысить удельную мощность на 15...20% и крутящий момент, но и добиться улучшения экономичности двигателя вследствие более высокого термодинамического КПД, лучшего сгорания топлива и отношения массы к мощности, более низкой токсичности отработанных газов. Прогресс турботехники способствовал тому, что в настоящее время доля легковых автомобилей с турбонаддувом составляет примерно половину общего числа автомобилей в возрасте до 5 лет и продолжает увеличиваться. Из них порядка 20 % бензиновые автомобили, остальные – дизельные.

Турбонаддув имеет ряд серьезных недостатков, в значительной степени нивелирующих отмеченные выше преимущества.

1. Система более сложная, имеет низкий ресурс, жестко привязана к режиму работы двигателя, более капризна и требовательна к качеству обслуживания.

2. Система турбонадува имеет повышенную чувствительность турбины к качеству масла, подаваемого в подшипники под давлением из общей системы смазки при скоростях вращения ее ротора до 150...200 тысяч

об/мин и температурах входящих газов 500...600°С. При резкой остановке двигателя давление в системе смазки резко падает, а массивная раскаленная турбина продолжает вращаться. В этих условиях резко меняются смазывающие свойства масла (его твердение) и, как следствие, заклинивание ротора. Во избежание этого двигатель должен некоторое время работать на холостом ходу перед и после остановки автомобиля, что приводит к дополнительному расходу топлива.

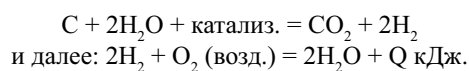
3. Повышенная инерционность турбокомпрессора при наборе оборотов в момент резкого сброса оборотов двигателя затрудняет систему регулирования режимом прохождения наддувочного воздуха и усложняет работу подшипников ротора турбины при экстремально высоких скоростях вращения и повышенной температуре газовой фазы.

Более полно отходящая теплота используется в стационарных дизель-генераторах, газо- и паротурбинных энергоустановках с частичным возвратом в рабочий цикл или уходит на внешнее теплоснабжение.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Использование принципа регенеративного цикла Карно является более эффективным вариантом, так как тепловая энергия отработавших газов опосредствованно возвращается в изобарный процесс сгорания топлива через термохимический риформинг исходного топлива в смеси с водой.

К настоящему времени проведено значительное количество работ, посвященных использованию водотопливных эмульсий при сгорании в теплосиловых устройствах [8, 9, 10, 11], которые показали, что такие топлива сгорают быстрее, чем безводные. Сокращение времени сгорания капель благоприятно сказывается на догорании сажистых остатков, так как улучшает полноту сгорания топлива и уменьшает отложение сажи (нагара) на рабочих поверхностях. При наличии в составе металла стенок рабочего цилиндра железа и никеля катализируется реакция взаимодействия углерода с водой по схеме:

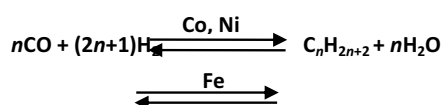


Присутствие паров воды значительно снижает температуру газовой фазы в камере сгорания при одновременном возрастании полезного давления, а также

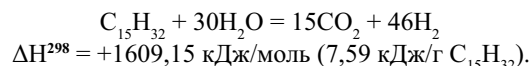
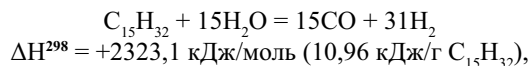
препятствует образованию окислов азота. Процессы смесеобразования, воспламенения и горения для водно-эмульгированного топлива протекают более активно, чем для топлива безводного, и потому в конечном итоге обеспечивают хорошие показатели, как по времени, так и по полноте [12, 13, 14].

В рассмотренных работах предусматривается внешнее эмульгирование топлива водой. В этом случае основной проблемой становится устойчивость водно-эмульгированного топлива к расслоению при длительном хранении и продолжительных стоянках автомобилей.

Концептуально иной системой использования природного и синтетического углеводородного топлива может стать его каталитический риформинг, по сути своей обратный процессу получения углеводородов из синтез-газа (своего рода анти-Тропши) по схеме:



Из приведенной базовой схемы получения синтетических топлив из синтез-газа следует термодинамическая возможность обратного процесса трансформации углеводородной фазы в смеси с водой или уголекислотой в синтез-газ, что в определенном приближении и происходит при сгорании в рабочем цилиндре ДВС водноэмульсионных топлив при температурах и давлениях конца адиабатного сжатия. Этот процесс происходит активно и без помощи катализаторов в условиях лишь термической активации. Из сказанного вытекает вывод о возможности предварительного термического риформинга дизтоплива в смеси с водой в синтез-газ перед его подачей в камеру сгорания двигателя. В результате подобного риформинга водотопливной смеси водород из воды выделяется в самостоятельную фазу, превращаясь, таким образом, из негорючей водной фазы в высококалорийное (120 МДж/кг) топливо по схеме на примере основной фракции дизельного топлива – пентадекана (C₁₅H₃₂):



Исходя из приведенного расчета стандартных энтальпий реакций они имеют явно выраженный эндотермический характер и требуют ввода в реакционную систему риформинга внешнего тепла. При сгорании водотопливных эмульсий необходимая теплота на этот процесс заимствуется при сгорании углеводородной фракции, что отражается снижением термической составляющей в рабочем цилиндре. С другой стороны подобным источником теплоты могут служить отработавшие газы, имеющие достаточно высокую температуру (400...500°С) и соответствующее тепло-содержание, превышающее потребности рассматриваемых реакций [15, 16].

В основу сравнительных термодинамических расчетов были положены характеристики дизельного топлива по условно принятым базовым фракциям дизельного топлива – тридекан, пентадекан и гептадекан с температурой кипения соответственно (табл. 1).

В качестве исходных данных для термодинамического анализа принята единичная квота (заряда) дизельного топлива (пентадекана) в 0,2 г на один рабочий цикл идеализированного цикла Дизеля с объемом рабочего цилиндра 3,0 дм³. При этом расчет сделан для варианта неполного риформинга с образованием оксида углерода и водорода (табл. 2) и полного риформинга до диоксида углерода (табл. 3).

Из расчетов следует, что при неполном риформинге дизтоплива требуется ввод в систему 2814,0 Дж внешней теплоты на 0,2 г C₁₅H₃₂, а при полном – 2853,87 Дж

Тепловой же эффект стехиометрического сгорания продуктов неполного риформинга 0,2 г C₁₅H₃₂ -11076,8 Дж (табл. 4), из которых 3323,0 Дж (30 %) уходит с отработавшими газами.

Таблица 2. Стехиометрический расчет материального баланса неполного риформинга дизтоплива

Table 2. Stoichiometric material balance calculation partial reforming of diesel fuel

	C ₁₅ H ₃₂	15H ₂ O _ж	сумма	15CO	31H ₂	Сумма
Мольная масса, г	212	270	482	420	62	482
Масса, г	0,2	0,2587	0,4587	0,3962	0,0595	0,4557
Моли, μ	0,0009434	0,0144	0,0153156	0,01415	0,0296	0,04375
ΔH	-352,989	-4287,3	-4640,589	-1657,5	0	-1657,5
(ΔH _{кон} - ΔH _{исх})μ	+ 2814,0 Дж.					

Таблица 3. Стехиометрический расчет материального баланса полного риформинга дизтоплива

Table 3. Stoichiometric material balance calculation THR diesel

	C ₁₅ H ₃₂	30H ₂ O _ж	сумма	15CO ₂	46H ₂	Сумма
Мольная масса, г	212	540	752	660	92	752
Масса, г	0,2	0,5094	0,7094	0,6226	0,0868	0,7094
Моли	0,0009434	0,0283	0,0292	0,01415	0,0434	0,05755
ΔH	-352,989	-8574,6	-8927,589	-5902,5	0	-5902,5
(ΔH _{кон} - ΔH _{исх})μ	+2853,87 Дж					

При сгорании продуктов полного рифо-рминга тепловой эффект составит соответственно +10495,86 Дж (табл. 5) и с отработавшими газами уйдет 3148,8 Дж, что вполне перекрывает потребности в теплоте на риформинг.

Более эффективному и полному риформингу дизтоплива будет способствовать его проведение в присутствии катализатора.

Таким образом, термодинамический анализ показывает возможность использования и достаточность теплоты отработавших газов для риформинга эмульгированного водой дизельного топлива с получением более эффективного варианта энергоносителя с более высокой (на 20%) теплотой эффективного варианта энергоносителя с более высокой (на 20%) теплотой сгорания в сравнении с традиционным дизелем. Кроме этого в камеру сгорания топливо подается в виде достаточно прогретой газовой фазы ($\text{CO} + \text{H}_2$), что зна-

чительно улучшает кинетику сгорания, безостаточного недогара углеводородной фракции при отсутствии условий для образования оксида азота.

Также улучшаются и параметрические характеристики дизельного цикла (табл.6)

ВЫВОДЫ

Проведенные термодинамические расчеты показывают принципиальную возможность проведения на борту автомобиля предварительного каталитического риформинга эмульгированного водой дизельного топлива с использованием теплоты отработавших газов. При этом установлено:

1. При сгорании холодного дизельного топлива 10-12 % располагаемой теплоты сгорания расходуется на нагрев и испарение топлива, что снижает количество

Таблица 4. Стехиометрический расчет материального баланса сгорания продуктов неполного риформинга

Table 4. Stoichiometric material balance calculation combustion of products of incomplete reforming

	15CO	31H ₂	23O ₂	N ₂	Сумма	15CO ₂	31H ₂ O _г	N ₂	Сумма
Мольная масса, г	420	62	736		1218	660	558		660
Масса, г	0,3962	0,0585	0,6944	2,2579	3,4070	0,6226	0,5265	2,2589	2,2579
Моли	0,01415	0,02925	0,021705	0,8715	0,9356	0,01415	0,02925	0,8715	0,9149
ΔН кДж	-1657,5	0	0	0	-1657,5	-5902,65	-7497,04	0	13399,54
(ΔН _{кон} - ΔН _{исх})μ	-11076,8 Дж								

Таблица 5. Стехиометрический расчет материального баланса сгорания продуктов полного риформинга

Table 5. Material balance calculation stoichiometric combustion products THR

	46H ₂	23O ₂	N ₂	сумма	46H ₂ O _г	N ₂	Сумма
Мольная масса, г	92	736		828	828		828
Масса, г	0,0868	0,6944	2,2866	3,0678	0,7812	2,2866	3,0678
Моли	0,0434	0,0217	0,08166	0,114676	0,0434	0,08166	0,12506
ΔН кДж	0	0	0	0	-11124,64	0	-11124,64
(ΔН _{кон} - ΔН _{исх})μ	-10495,86 Дж						

Таблица 6. Параметрические характеристики идеального цикла Дизеля

Table 6. The parametric characteristics of the ideal Diesel cycle

Параметры	Идеальный цикл Дизеля		
	Теоретический	С учетом потерь на нагрев и испарение	Риформинг C ₁₅ H ₃₂ + H ₂ O
Масса C ₁₅ H ₃₂ , г	0,2	0,2	0,125
v ₁ , дм ³	3	3	3
v ₂ , дм ³	0,15	0,15	0,15
p ₁ , 10 ⁵ Па	1,0	1,0	1,0
p ₂ , 10 ⁵ Па	60,5	60,5	60,5
p ₃ , 10 ⁵ Па	60,5	60,5	60,5
p ₄ , 10 ⁵ Па	4,9	4,4	4,3
t ₁ , К	298,0	298,0	298,0
t ₂ , К	900,9	900,9	900,9
t ₃ , К	2692,2	2505,8	2445,1
t ₄ , К	1467,4	1327,1	1284,9
Q ₁ , Дж	8880,8	7844,1	7896,8
Q ₂ , Дж	3976,8	3459,3	3470,9
η	0,552	0,559	0,560
A, Дж	4902,2	4384,9	4422,2

- энергии на адиабатное расширение и совершение работы. При этом создаются условия для неполного сгорания углеводородов с образованием канцерогенных СО и сажистого углерода, наносящих экологический вред, особенно в крупных промышленных городах.
2. Количество теплоты отработавших газов достаточно для активации каталитического риформинга эмульгированного водой дизельного топлива. При этом теряемая тепловая энергия опосредственно возвращается в цикл за счет предварительной термохимической деструкции углеводородов исходного топлива с образованием газовой фазы из оксидов углерода и молекулярного водорода.
 3. Потенциальная энергоемкость образованной фазы превышает таковую исходного дизтоплива на 20 % за счет высвобождения водорода воды в свободную фазу с более высокой теплотой сгорания. При этом существенно возрастает доля водяных паров в составе рабочего тела, что улучшает процесс адиабатного расширения.
 4. Расчет параметрических характеристик идеализированного цикла Дизеля в сравнительных вариантах традиционного цикла и риформинга водоземульгированного дизтоплива показывает существенное снижение на 37,3 % расхода исходного дизтоплива при адекватности получаемой работы и снижении на 60° термической напряженности в камере сгорания.
 5. Получаемая в результате каталитического риформинга газовая смесь характеризуется повышенной температурой (300-400°С) и высокой кинетикой сгорания без образования СО, недогара и окислов азота.
 6. За счет использования теплоты отработавших газов существенно повышается до 0,7-0,75 коэффициент использования располагаемой теплоты исходного топлива и соответственно снижаются тепловые и вредные выбросы в окружающую среду.
 7. Блок обеспечения каталитического риформинга в комплекте с бортовым смесителем воды и дизтоплива достаточно компактен и пространственно может быть свободно размещен в автомобиле без изменений в его конструкции. Таким образом, решается острая проблема расслоения эмульгированного дизтоплива при длительной стоянке автомобиля.
 2. **Чередниченко А., 2012.** Экспериментальная база для исследования конверсии биоэтанола регенерацией сбросного тепла газотурбинного двигателя / А. Чередниченко, М. Ткач // MOTROL – Vol. 14, №2, 21 – 25.
 3. Прогноз развития энергетики до 2040 года. [Электронный ресурс] режим доступа www.exxonmobil.ru/Russia/PA/energy_o.aspx
 4. **Подзноев Г., 2009.** Проблемы и перспективы альтернативного энергообеспечения автотранс-порта/ Г.П. Подзноев, У.А. Абдулгазис// MOTROL. – Vol. 11А, 272 – 277.
 5. Температурные характеристики дизельного топлива. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.ngpedia.ru/id101863p1.html
 6. Применение водотопливной эмульсии в автотракторном дизеле. [Электронный ресурс]. Режим доступа nbuv.gov.ua/Portal/natural/Dvs/2011_2/ek27.pdf
 7. Эксплуатационные испытания ВТЭ в дизельных судовых двигателях. [Электронный ресурс]. Режим доступа: neftgaz.ru/science/view/801
 8. Приготовление водно-топливных эмульсий и суспензий – ТДА Технологии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.tda-nsk.ru/?pg=goods&ID=13
 9. **Лебедев О., Сомов В., Сисин В., 1988.** Водотопливные эмульсии в судовых дизелях. – Л.: Судостроение. – 108.
 10. **Агаев Ф., 1961.** Применение эмульсий в двигателях с воспламенением от сжатия // Изв. АН Азербайджанской ССР. Сер. физ.-мат. и техн. наук. – № 6, 57 – 66.
 11. **Крылов О., 2004.** Гетерогенный катализ, «Академкнига», – М., 518, 600 – 603.
 12. Новиков О.Н. / Топливная энергетика. Бортовой конвертор. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.ecolog-alfa-nafta.angr.ru/page44.html
 13. **Подзноев Г., 2009.** Возможности регенерации теплоты в термодинамическом цикле Дизеля. / Г.П. Подзноев, У.А. Абдулгазис // MOTROL. – Vol. 11А, 272 – 277.

ТHERMODYNAMICS POSSIBILITY OF INCREASE OF EFFICIENCY OF COMBUSTION ENGINES

Summary. A thermodynamic analysis of the possibility of catalytic reforming of water emulsified diesel fuel by the heat of the exhaust gases. The results indicate the potential for a significant increase in efficiency of a diesel engine with a substantial improvement in the quality of the kinetics and combustion and a significant reduction of pollutant emissions in the exhaust gases. Calculations confirmed a significant reduction in consumption of primary diesel fuel, while maintaining the amount of useful work. **Key words:** Diesel, thermal reforming, regeneration heat, thermodynamics of combustion.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Подзноев Г.П., 2009.** Экологические и энергетические проблемы углеводородных ресурсов. Сборник. «Человек – природа – общество». Крым. инж.-пед. ун-т. – Симферополь. – Вып. 2, 61-64.

Elektrownie geotermalne oparte na systemach binarnych

Renata Polak, Dariusz Dziki, Andrzej Krzykowski, Stanisław Rudy, Renata Różyło¹

Katedra Techniki Ciepłej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,

¹Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin, e-mail: renata.polak@up.lublin.pl

Streszczenie. Energia geotermalna jest energią Ziemi zgromadzoną w wodzie, parze wodnej i suchych gorących skałach. Światowe zasoby geotermalne szacowane są na około $8 \cdot 10^{30}$ J. Energia geotermalna wykorzystywana jest w sposób bezpośredni i pośredni, który polega na jej konwersji na energię elektryczną. Wykorzystanie energii geotermalnej do generacji prądu ma miejsce w 24 krajach na świecie. Wyróżnia się dwa podstawowe rodzaje elektrowni geotermalnych: parowe i binarne. Elektrownie binarne mogą być oparte na Obiegu Organicznym Rankine’a lub Cyklu Kalina. Obecnie na świecie działa 75 elektrowni geotermalnych opartych na systemach binarnych. W artykule przedstawiono podstawowe informacje na temat energii geotermalnej, sposobów jej wykorzystania, szczególnie do produkcji prądu elektrycznego w elektrowniach geotermalnych opartych na systemach binarnych.

Słowa kluczowe: energia geotermalna, systemy binarne, elektrownie geotermalne.

ZASOBY ENERGII GEOTERMALNEJ I ICH PODZIAŁ

Energia geotermalna jest częścią energii Ziemi nagromadzoną w wodzie, parze wodnej i suchych gorących skałach [18, 26]. Przy czym można wyróżnić energię pierwotną jako pozostałość procesów formowania się Ziemi oraz energię powstającą podczas rozpadu pierwiastków promieniotwórczych takich jak uran czy tor [4]. Szacuje się, że całkowite światowe zasoby energii geotermalnej wynoszą około $8 \cdot 10^{30}$ J [3]. Natomiast do głębokości 5000 m, Lewandowski ocenia zasoby energii geotermalnej na około $1,4 \cdot 10^{26}$ J [13]. Zasoby energii geotermalnej ze względu na sposób pozyskiwania dzieli się na hydrotermalne i petrotermalne [18]. Zasoby hydrotermalne stanowią wolne wody podziemne eksploatowane otworami produkcyjnymi. Zasoby petrotermalne to energia zakumulowana w suchych gorących skałach lub skałach wysadów solnych [25].

Biorąc pod uwagę temperaturę wód geotermalnych, zasoby geotermalne można podzielić na [19]:

- niskotemperaturowe, temperatura wody $< 90^{\circ}\text{C}$,
- średniotemperaturowe, temperatura wody od 90°C do 150°C ,
- wysokotemperaturowe, temperatura wody $> 150^{\circ}\text{C}$.

SPOSOBY WYKORZYSTANIA ENERGII GEOTERMALNEJ

Energię geotermalną wykorzystuje się w sposób bezpośredni lub pośredni [1, 11]. Bezpośrednie – oznacza wykorzystanie energii geotermalnej wprost a nie jej konwersję na inny rodzaj energii. Natomiast pośrednie wykorzystanie energii geotermalnej polega na jej konwersji na energię elektryczną [24]. Podstawowe rodzaje bezpośredniego wykorzystania energii geotermalnej to [14, 17]:

- ciepłownictwo,
- zastosowania w rolnictwie,
- zastosowania w hodowlach wodnych,
- pompy ciepła do chłodzenia i ogrzewania,
- zastosowania w przemyśle.

W rolnictwie energia geotermalna wykorzystywana jest do podgrzewania i nawadniania gleby, ogrzewania szklarni, upraw pod osłonami foliowymi oraz rozkładu biomasy [15]. Płyny geotermalne wykorzystywane są również do mycia i suszenia pomieszczeń gospodarskich a także w hodowlach ryb, grzybów i zwierząt [14].

Zastosowanie w przemyśle polega między innymi na wykorzystaniu do: suszenia (drewna, produktów rolniczych, mączki rybnej, ziemi okrzemkowej), fermentacji ścieków, wytwarzania wody pitnej poprzez destylację wody morskiej [16, 23] a także do topnienia śniegu i lodu na chodnikach i jezdnii, podgrzewania pasów startowych lotnisk, do produkcji kosmetyków [11]. Największa ilość energii geotermalnej wykorzystywana jest do celów ciepłowniczych poprzez sieci

ciepłownicze. W tym przypadku energia geotermalna służy do ogrzewania i chłodzenia a także przygotowania ciepłej wody użytkowej [14].

Bezpośrednie wykorzystanie energii geotermalnej na świecie odbywa się w 78 krajach a w Europie w 37 krajach [12].

WYKORZYSTANIE ENERGII GEOTERMALNEJ DO PRODUKCJI PRĄDU ELEKTRYCZNEGO

Wykorzystanie energii geotermalnej do generacji prądu elektrycznego ma miejsce w 24 krajach na świecie [11]. W 2010 roku całkowita moc zainstalowana osiągnęła wartość 10716,7 MW_e a produkcja prądu elektrycznego wyniosła 67246,3 GWh [12]. Liderami w wykorzystaniu energii geotermalnej do produkcji prądu elektrycznego są: USA, Filipiny, Indonezja, Meksyk, Włochy, Japonia, Nowa Zelandia, Islandia [2, 11, 12]. Na terenie Europy działa obecnie 59 elektrowni geotermalnych w tym 47 w krajach Unii Europejskiej. Łączna moc zainstalowana wynosi około 1,6 GW_e co daje roczną produkcję energii na poziomie około 10,9 TWh. Na pierwszym miejscu znajdują się Włochy, gdzie wytwarza się 50% całkowitej produkcji energii elektrycznej w Europie [10].

Wyróżnia się dwa podstawowe rodzaje elektrowni geotermalnych: elektrownie parowe i elektrownie binarne [22]. W przypadku elektrowni parowych ze złoża geotermalnego wydobywana jest para nasycona sucha, która po przejściu przez filtr cząstek stałych i wilgoci kierowana jest do turbiny parowej, gdzie następuje zamiana energii cieplnej zawartej w parze na energię mechaniczną ruchu obrotowego łopatek wirnika a następnie w generatorze na prąd elektryczny. Po wykorzystaniu para wodna przechodzi do skraplacza (zwykle chłodni kominowej), skropliny otworem chłodnym powracają do złoża, co zapewnia jego odnawialność [9]. Na świecie istnieją dwa złoża geotermalne tego rodzaju: Larderello (Włochy) oraz The Geysers (California, USA). Mają one duże znaczenie historyczne i stanowią największe kompleksy elektrowni wykorzystujących pary wód geotermalnych na skalę przemysłową [5].

Początki wykorzystania pola geotermalnego Larderello do generacji prądu elektrycznego sięgają 1904 roku. Pierwszą komercyjną elektrownię „Larderello 1” oddano do użytku w 1913 roku. Obecnie eksploatowane pole geotermalne Larderello zajmuje powierzchnię około 250 km². Para nasycona sucha o temperaturze od 150°C do 270 °C przy ciśnieniu 2-18 bar, wydobywana jest na powierzchnię ziemi 200 otworami produkcyjnymi o głębokości od 500 do 3500 m. Pole Larderello eksploatowane jest obecnie przez 21 elektrowni o łącznej mocy zainstalowanej 594,5 MW_e, co stanowi około 10% całkowitej produkcji prądu elektrycznego przy wykorzystaniu energii geotermalnej na świecie [7].

Pierwszą elektrownię geotermalną na polu The Geysers uruchomiono w 1921 roku. Obecnie z tego pola geotermalnego o powierzchni 72 km² para nasycona sucha wydobywana jest przez ponad 400 otworów eksploatacyjnych o głębokości do 3200 m. Na polu The Geysers działa 21 elektrowni o łącznej mocy zainstalowanej 1584 MW_e [9].

Elektrownie binarne (dwuczynnikowe) stosuje się gdy ze złoża geotermalnego wydobywana jest woda silnie zmineralizowana, agresywna chemicznie, o temperaturze niższej (poniżej 150°C) niż w przypadku elektrowni z bezpośrednim odparowaniem wody geotermalnej [20, 27]. Sprawność cieplna elektrowni binarnych wynosi od 10 do 15% [18].

SYSTEMY BINARNE WYKORZYSTYWANE W GEOTERMII

Geotermalne elektrownie binarne to systemy wytwarzające energię elektryczną dzięki wykorzystaniu dwóch różnych płynów roboczych oddzielonych od siebie hydraulicznie – nie mieszających się [21].

Woda geotermalna pochodząca ze złoża geotermalnego jest płynem dostarczającym energię cieplną natomiast drugim płynem roboczym jest czynnik napędzający turbinę o znacznie niższej niż woda geotermalna temperaturze wrzenia.

W elektrowniach binarnych wyróżnia się trzy obiegi. Pierwszy z nich to obieg wody geotermalnej pobranej ze złoża, która oddaje energię cieplną przepływając przez wymiennik a następnie schłodzona zostaje zatłoczona do złoża geotermalnego. Istota działania drugiego obiegu polega na wykorzystaniu pozyskanego w wymienniku ciepła z geopłynu do odparowania niskowrzącego czynnika roboczego. Następnie pary czynnika są kierowane na turbinę i generator, gdzie odbywa się generacja prądu elektrycznego. Praca trzeciego obiegu polega na skropleniu par czynnika roboczego [27].

Procesami technologicznymi wykorzystywanymi do produkcji prądu elektrycznego w instalacjach binarnych są [6]:

- Obieg Organiczny Rankine’a (ORC),
- Cykl Kalina.

W przypadku instalacji ORC jako drugi płyn roboczy stosuje się czynniki organiczne, natomiast w przypadku instalacji bazujących na Cyklu Kalina mieszaninę amoniak-woda. Cykl pracy elektrowni geotermalnej opartej na systemie binarnym ORC można przedstawić następująco [5]:

- pobranie otworem produkcyjnym z użyciem pompy, wody geotermalnej i skierowanie jej poprzez filtr do parownika stanowiącego wymiennik ciepła,
- w parowniku woda geotermalna oddaje ciepło czynnikowi roboczemu,
- woda geotermalna zostaje zatłoczona otworem chłodnym do złoża,
- czynnik roboczy po odparowaniu przemieszczany jest w postaci pary do turbogenerатора produkującego prąd elektryczny,
- następnie czynnik roboczy kierowany jest do kondensatora gdzie ulega skropleniu (proces skropleniu możliwy jest dzięki wykorzystaniu chłodni kominowej).

System binarny ORC jest bardziej rozpowszechniony na świecie, obecnie ponad 70 elektrowni geotermalnych wykorzystuje tę technologię do generacji prądu [8, 21].

Cykl Kalina został wynaleziony i opatentowany w latach 70-tych XX wieku przez Alexandra Kalina. W tym

systemie binarnym jako czynnik roboczy wykorzystuje się mieszaninę amoniak-woda, odparowującą w temperaturze około 100°C. Temperatura parowania jest zmienna i zależy od stosunku zawartości amoniaku do wody, mającego indywidualny charakter dla każdej elektrowni binarnej (zwykle 70% amoniaku, 30% wody). Zastosowanie mieszaniny amoniak-woda, ewaporującej i kondensującej w zmiennym przedziale temperatur, zwiększa sprawność odbioru energii w niej zawartej, wpływając na wzrost efektywności całego obiegu.

Pracę elektrowni binarnej opartej na cyklu Kalina można opisać w następujący sposób [5, 6]:

- pobranie wody geotermalnej otworem produkcyjnym i skierowanie jej do parownika, w którym oddaje ciepło mieszaninie amoniak-woda,
- zatłoczenie wody geotermalnej do warstwy wodonośnej,
- skierowanie mieszaniny amoniak-woda do separatora, gdzie ulega rozdzielaniu na tzw. mocną i słabą solankę,
- solanka mocna kierowana jest na turbinę napędzającą generator,
- solanka słaba kierowana jest do wymiennika ciepła, gdzie oddaje ciepło,
- skierowanie strumienia par i wód do skraplacza, gdzie ulegają kondensacji,
- skierowanie mieszaniny do rekuperatora, gdzie następuje odzysk niewykorzystanego w pełni ciepła,
- skierowanie mieszaniny do wymiennika ciepła a następnie do parownika co zamyka cykl.

Podstawowa różnica między systemami binarnymi ORC i Kalina polega na zastosowaniu odmiennych procesów generujących siłę napędową do wytwarzania energii elektrycznej [21]. Szacuje się, że sprawność cyklu Kalina jest wyższa od sprawności obiegu ORC o około 25%. Cykl Kalina zawiera ponad to wewnętrzny system odzysku ciepła (rekuperator), co zwiększa efektywność termodynamiczną w stosunku do elektrowni binarnych ORC [5].

Spośród 75 działających obecnie na świecie elektrowni geotermalnych opartych na systemach binarnych tylko trzy wykorzystują Cykl Kalina. Należą do nich instalacje w Husaviku na Islandii oraz dwie zlokalizowane w Niemczech – Unterhaching i Bruchsal [8]. Monopol na wdrażanie technologii Kalina posiada amerykańska firma Energy Inc., co może stanowić utrudnienie w jej upowszechnieniu, mimo wyższych sprawności energetycznych [21].

PRZEGLĄD ELEKTROWNI GEOTERMALNYCH OPARTYCH NA SYSTEMACH BINARNYCH

W 2006 roku została oddana do użytku elektrownia binarna w Chena Hot Springs w centralnej części Alaski (jest to obszar niepodłączony do sieci energetycznej). Elektrownia pracuje w systemie ORC, czynnikiem roboczym jest R-134a (tetrafluoroetan), który charakteryzuje się znacznie niższą temperaturą wrzenia niż woda. Temperatury wody geotermalnej czerpanej z głębokości 1000 m wynosi 74°C, jest to najniższa temperatura wody geotermalnej wykorzystywanej do produkcji prądu elektrycznego na świecie. Całkowita moc zainstalowana wynosi 400kW_e [6].

Kolejną instalacją binarną wykorzystującą do generacji prądu elektrycznego wody geotermalne o temperaturze niższej od 100°C jest elektrownia geotermalna w miejscowości Neustadt – Glewe w Niemczech. Elektrownię pracującą w systemie ORC uruchomiono w 2003 roku, czynnikiem roboczym jest węglowodór nasycony n-pentan. Temperatura wód geotermalnych o wydajności 110m³/h wynosi 98°C. Całkowita moc zainstalowana to 210 kW_e. Również w Austrii w Birdsville działa od 1992 roku elektrownia ORC wykorzystująca wody geotermalne o temperaturze 98°C, wydajności 97 m³/h, wydobywane z głębokości 1280 m. Całkowita moc zainstalowana wynosi 80 kW_e [6].

W 2001 roku w Husaviku na Islandii rozpoczęła pracę siłownia binarna oparta na Cyklu Kalina. Czynnikiem roboczym jest mieszanina wody i amoniaku, która osiąga w parowniku temperaturę 121°C. W instalacji wykorzystywana jest woda geotermalna o temperaturze 121°C i wydajności 90 m³/h. Uzyskana moc elektryczna wynosząca 1600 kW_e pochodzi częściowo z procesów spalania biogazu w silniku napędzającym generator prądu [6].

Kolejnym przykładem elektrowni binarnej pracującej w Cyklu Kalina jest oddana do użytku w 2007 roku siłownia w Unterhaching w Niemczech. Wykorzystuje ona wody geotermalne o wydajności 150 m³/h, temperaturze 115°C wydobywane z głębokości około 3500 m. Całkowita moc elektryczna wynosi 3,36 MW_e a moc cieplna 38 MW_t [6].

Od roku 2008 działa we Francji w miejscowości Soultz-Sous-Forest elektrownia ORC zrealizowana w ramach projektu HDR (Hot Dry Rock). Jako źródło energii cieplnej wykorzystywane są gorące granity zalegające na głębokości około 5000 m. Temperatura na dnie otworów geotermalnych wynosi około 200°C, natomiast temperatura wody po odebraniu ciepła od granitów, na powierzchni ziemi ma wartość około 185°C, przy wydajności około 300 m³/h. Czynnikiem roboczym jest izobutan, zainstalowana moc cieplna wynosi 50 MW_t a elektryczna 2,2 MW_e [6].

Ponad połowa elektrowni ORC działa w USA, które są liderem w dziedzinie produkcji prądu elektrycznego przy wykorzystaniu energii geotermalnej. Całkowita zainstalowana moc w USA wynosi 3093 MW_e, a produkcja ponad 16 603 GWh/rok. Udział elektrowni ORC w tej strukturze charakteryzuje się na poziomie 590 MW_e mocy zainstalowanej [8].

PODSUMOWANIE

Pośrednim sposobem wykorzystania energii geotermalnej jest jej konwersja na energię elektryczną. Elektrownie geotermalne działają w 24 krajach na świecie. W 75 elektrowniach produkcja prądu elektrycznego oparta jest na systemach binarnych: Obiegu Organicznym Rankine'a (ORC) lub Cyklu Kalina. Zastosowanie systemów binarnych pozwoliło na wykorzystanie do generacji prądu elektrycznego złóż geotermalnych o temperaturze poniżej 100°C. Na świecie działają tylko trzy elektrownie binarne oparte na Cyklu Kalina. Ponad połowa elektrowni ORC znajduje się na terenie USA.

LITERATURA

1. **Fridleifsson Ingvar B. 2009.** Energia geotermalna na świecie i jej potencjalna rola w łagodzeniu zmian klimatycznych. *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój.* 1, 3-13.
2. **Gładysz M. 2008.** Elektrownie geotermalne na świecie. *GLOBEnergia 2*, 14-17.
3. **Igliński B., Buczkowski R., Cichosz M., Piechota G. 2010.** Technologie geoenergetyczne. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 2010.
4. **Kaczmarczyk M. 2009a.** Podstawy geotermii. *GLOBEnergia 2*, 13-15.
5. **Kaczmarczyk M. 2009b.** Systemy binarne w geotermii. *GLOBEnergia 4*, 10-13.
6. **Kaczmarczyk M. 2010a** Produkcja prądu elektrycznego. Zastosowanie systemów binarnych w geotermii – przykłady. *GLOBEnergia 2*, 35-37.
7. **Kaczmarczyk M. 2010b.** Larderello geotermalna tradycja Włoch. *GLOBEnergia 3*, 50-51.
8. **Kaczmarczyk M. 2011a.** Wykorzystanie energii geotermalnej do produkcji prądu elektrycznego zastosowaniem Obiegu Organicznego Rankine’a lub cyklu Kaliny – przegląd instalacji działających na świecie. *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój.* 1-2, Kraków 2011, 131-145.
9. **Kaczmarczyk M. 2011b.** Gorąca kalifornia. *GLOBEnergia 1*, 44-45.
10. **Kaczmarczyk M. 2012.** Energia elektryczna z geotermii. Analiza stanu obecnego i perspektywy dla Europy. *GLOBEnergia 3*, 20-21.
11. **Kępińska B. 2007.** Energia geotermalna – wykorzystanie na świecie i w Europie. *GLOBEnergia 1*, 14-17.
12. **Kępińska B. 2011.** Energia geotermalna na świecie – stan wykorzystania, perspektywy rozwoju. *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój.* 1-2, 27-37.
13. **Lewandowski W.M. 2007.** Proekologiczne odnawialne źródła energii. WNT, Warszawa 2007.
14. **Lund J.W. 2000.** Sposoby bezpośredniego wykorzystania energii geotermalnej. *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geosynoptyka i Geotermia.* 4, Kraków 2000.
15. **Lund J.W. 2004a.** Bezpośrednie zastosowanie ciepła geotermalnego. *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geosynoptyka i Geotermia.* 4, 3-19.
16. **Lund J.W. 2004b.** Bezpośrednie wykorzystanie energii geotermalnej. Międzynarodowe Dni Geotermalne. Polska 2004, Wyd. Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków 2004, 33-50.
17. **Mokrzycki E. 2005.** Podstawy gospodarki surowcami energetycznymi. RGH Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2005.
18. **Nowak W., Sobański R., Kabat M. 2000.** Systemy pozyskiwania i wykorzystania energii geotermicznej. Wyd. Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 2000.
19. **Nowak W., Stachel A., Borsukiewicz-Gozdur A. 2008.** Zastosowania odnawialnych źródeł energii. Wydawnictwo uczelniane Politechniki Szczecińskiej.
20. **Pająk L. 2012.** Adaptacja technologii wykorzystywanych w geotermii dla potrzeb energetyki zawodowej. III Konferencja Wytwórców Energii Elektrycznej i Ciepłej, Skawina 2012, 45-55.
21. **Pająk L., Bujakowski W. 2013.** Energia geotermalna w systemach binarnych. *Przegląd geologiczny.* Vol 6, 11/2, 699-705.
22. **Pawlik M., Strzelczyk F. 2009.** Elektrownie. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2009.
23. **Pawlikowski M. 2010.** Drinking water production Rusing of geothermal water energy. *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój.* 1-2, 87- 90.
24. **Polak R., Dziki D., Krzykowski A., Rudy S., Serwata Z., Tomiło J. 2013.** Acquisition and economic use of geothermal energy. *Teka. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*, vol.13, no. 1, 133-138.
25. **Smętkiewicz K. 2010.** Geotermia petrotermalna. *GLOBEnergia 1*, 30-33.
26. **Sobański R., Kabat M., Nowak W. 2010.** Jak pozyskać ciepło z Ziemi?, Centralny Ośrodek Informacji Budownictwa, Warszawa.
27. **Zimny J., 2010.** Elektrownie geotermalne. Szansa rozwoju energetyki Europy i Polski. *Energetyka Ciepła i Zawodowa*, 4, 35-38.

GEOTHERMAL POWER PLANTS BASED
ON THE BINARY SYSTEMS

Summary. Geothermal energy is the Earth's energy accumulated in water, steam and hot dry rocks. The total world resources of geothermal energy are estimated at about $8 \cdot 10^{30}$ J. Geothermal energy is used in direct and indirect way which depends on their conversion into electricity. The use of geothermal energy for electricity generation takes place in 24 countries around the world. There are two basic types of geothermal power plants: steam and binary. The binary power plants can be based on the Organic Rankine cycle or Kalina cycle. There are currently about 75 geothermal power plants based on binary systems. This paper includes the basic information concerning the geothermal energy, and the ways how to use it. Especially the geothermal power plants based on binary systems are presented.

Key words: geothermal energy, binary systems, geothermal power plants.

Wpływ parametrów sublimacyjnego suszenia na retencję chlorofilu i karotenoidów w suszach z liści selera zwyczajnego (*Apium graveolens* L.)

Renata Polak, Dariusz Dziki, Andrzej Krzykowski, Stanisław Rudy, Renata Różyto¹

Katedra Techniki Ciepłej,

¹Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin, e-mail: renata.polak@up.lublin.pl

Streszczenie. Celem pracy była ocena wpływu parametrów sublimacyjnego suszenia (temperatury i ciśnienia) na retencję barwników chlorofilowych i karotenoidowych w suszach z liści selera. Do badań wykorzystano liście selera zwyczajnego (*Apium graveolens* L.) odmiany Monarch. Wstępnie zamrożone liście selera suszono sublimacyjnie w zakresie temperatur 20°C – 70°C, przy ciśnieniach: 30 Pa, 63 Pa, 125 Pa, 198 Pa. Proces suszenia przeprowadzono w suszarce sublimacyjnej Alpha 1-4 o jednostronnym, kontaktowym sposobie dostarczania ciepła. Zawartość chlorofilu i karotenoidów oznaczano w oparciu o metodę Lichtenthalera. Do badań wykorzystano jednowiązkowy, absorpcyjny spektrofotometr typu Diode Array, Hewlett-Packard 8453. Wykazano istotny wpływ (na poziomie istotności $\alpha = 0,05$) temperatury płyt grzejnych i ciśnienia w komorze suszenia na zawartość chlorofilu a, chlorofilu b oraz na sumę karotenoidów w suszach z liści selera.

Słowa kluczowe: suszenie sublimacyjne, chlorofil, karotenoidy, liście selera.

WSTĘP

Seler zwyczajny (*Apium graveolens* L.) należący do rodziny baldaszkowatych (Umbelliferae=Apiaceae), pochodzi od dziko rosnącego w Europie, a także w Azji i Australii selera błotnego [23]. Jest to dwuletnia roślina warzywna, przyprawowa i lecznicza znana już w starożytności.

Seler zwyczajny znajduje się w wykazie roślin przyprawowych i przypraw [12, 13]. Surowcem przyprawowym są korzenie i liście tej rośliny, które dzięki zawartości olejków eterycznych, charakteryzują się specyficznym smakiem i aromatem [16]. Liście, które zbiera się przed lub w czasie kwitnienia, a także po przekwitnięciu rośliny, służą w stanie świeżym lub wysuszonym do otrzymywania przypraw rosołowych. Olejek selerowy znajduje zastosowanie w przemyśle monopolowym do produkcji likierów. Liście zawierają znaczne ilości witaminy C (ok. 100 mg/100 g) oraz karoten (do 10 mg/100 g), białka, chlorofil, olejek ete-

ryczny (30-100 mg%), składniki mineralne, w tym głównie fosfor i żelazo.

Seler jest rośliną wyjątkowo cenną. Pobudza apetyt, przyspiesza trawienie, działa moczopędnie oraz wzmacnia układ nerwowy. Napar z liści selera zalecany jest w chorobach wątroby, nerek, pęcherza oraz w pokrzywce alergicznej. Stosowany jest w miążdżycy i do sporządzania gojącej maści selerowej. Seler jest jednym z najpowszechniej używanych warzyw przyprawowych [25].

Chlorofile i karotenoidy to naturalne barwniki zlokalizowane wspólnie w chloroplastach liści w formie kompleksu z chloroplastyną – specyficznym białkiem [27]. Ze względu na swoją strukturę chlorofile należą do barwników porfiryńowych a u roślin wyższych występują w postaci niebiesko-zielonego chlorofilu a i żółto-zielonego chlorofilu b, zwykle w stosunku 3:1 [8, 27]. Biorą one udział w procesach biosyntezy oraz nadają zieloną barwę roślinom. Chlorofile należą do najmniej trwałych barwników roślinnych. Naruszenie struktury tkankowej oraz zabiegi technologiczne w tym szczególnie suszenie powodują przemianę chlorofilu w feofitynę [24], przy czym bardziej podatnym na degradację jest chlorofil a co skutkuje zmianą barwy w kierunku zielono-żółtym [4, 5, 18, 22, 31]. Ze względu na właściwości bakteriostatyczne chlorofil wykorzystywany jest w przemyśle farmaceutycznym i kosmetycznym a także w przemyśle spożywczym do barwienia produktów żywnościowych [27].

Karotenoidy to polienowe barwniki rozpuszczalne w tłuszczach, syntetyzowane przez rośliny wyższe a także grzyby, bakterie i algi. Biologiczne znaczenie tych związków polega na nadawaniu zabarwienia roślinom, są one zaangażowane w procesie fotosyntezy, uczestnicząc w przekazywaniu energii w obecności chlorofilu. Niektóre z nich są prekursorami barwników wzrokowych u ludzi i zwierząt, odgrywających ważną rolę w procesie widzenia, wykazują one także działanie ochronne przeciw wielu chorobom [1, 3, 11, 17, 32]. Karotenoidy są prekursorami witaminy A i jednymi z najsilniejszych antyoksydantów, posiadają zdolność

zmiatania wolnych rodników i wygaszania tlenu singletowego [8, 33]. Degradacja barwników karotenoidowych następuje w wyniku bezpośredniego działania tlenu i światła, czemu towarzyszy zmiana barwy i zapachu spowodowana powstawaniem karbonylowych związków lotnych [8, 27].

Utrwalanie roślin przyprawowych, w tym liści selera zwyczajnego prowadzi do zmian w strukturze i zawartości chlorofilu i karotenoidów powodując zmniejszenie aktywności biologicznej tych związków.

Za jedną z najlepszych metod utrwalania żywności, uznaje się odwadnianie na drodze sublimacyjnego suszenia. Wyższość tej metody w odniesieniu do innych metod suszenia, polega lepszym zachowaniu cech organoleptycznych, smaku, zapachu i barwy oraz naturalnego składu chemicznego [10, 14, 15, 34]. Suszenie na drodze sublimacji zalecane jest w odniesieniu do materiałów zawierających składniki antyoksydacyjne wrażliwe na ciepło [26].

Celem pracy była ocena zmian zawartości chlorofilu oraz sumy karotenoidów w liściach selera zwyczajnego (*Apium graveolens* L.) odmiany Monarch suszonego sublimacyjnie w zróżnicowanych warunkach a także zbadanie wpływu temperatury płyt grzejnych i ciśnienia w komorze suszenia na zawartość oznaczanych barwników w otrzymanych suszach.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Do badań wykorzystano liście selera zwyczajnego (*Apium graveolens* L.) odmiany Monarch. Surowiec pochodził z plantacji przemysłowej, z zagłębia zielarskiego Fajstławice. W świeżych liściach oznaczono zawartość suchej substancji wg PN – ISO 1026:2000. Materiał doświadczalny nie był poddawany obróbce wstępnej w postaci blanszowania (pomimo zwiększenia retencji chlorofilu) z uwagi na znaczne straty olejków eterycznych już na wstępie procesu utrwalania [30]. Zdrowe liście selera, o jednakowym stopniu dojrzałości wegetacyjnej zamrożono w całości w temperaturze -30°C w warunkach konwekcji swobodnej a następnie suszono w suszarce sublimacyjnej ALPHA1-4 o jednostronnym, kontaktowym sposobie dostarczania ciepła do końcowej zawartości wody wynoszącej około 5% [9]. Proces sublimacyjnego suszenia prowadzono w temperaturze: 20°C , 30°C , 35°C , 40°C , 45°C , 50°C , 60°C , 70°C oraz pod ciśnieniem 30 Pa, 63 Pa, 125 Pa, 198 Pa. Zawartość chlorofilu *a* i chlorofilu *b* oraz sumy karotenoidów w materiale świeżym i suszu wykonano metodą spektrofotometryczną, wykorzystując absorpcyjny spektrofotometr jednowiązkowy typu Diode Array, Hewlett-Packard 8453, działający w zakresie 190-1100 nm. Sposób wykonania oznaczenia oparto na metodzie Lichtenthalera polegającej na ekstrakcji barwników 80% roztworem acetonu a następnie odczycie wartości absorbancji przy długościach fal charakterystycznych dla chlorofilu *a*, chlorofilu *b* i karotenoidów [6].

Ze średniej próby [20] surowca i otrzymanych w zróżnicowanych warunkach suszów do oznaczenia pobrano odpowiednią porcję materiału i odważono z dokładnością 0,001g. Następnie próbkę przeniesiono do porcelanowego moździerza i po zalaniu 3 ml 80% uwodnionego acetonu

cz.d.a., rozcierano przez 2 min. Powstałą zawiesinę zbierano strzykawką i przenoszono do eppendorfówki a następnie odwirowano w wirówce przez 3 minuty. Otrzymany supernatant zebrano ilościowo i oznaczono jego objętość. Z uwagi na fakt, że ponowna ekstrakcja osadu nie dała pozytywnego rezultatu, uznano, że cała pula barwników została wyekstrahowana za pierwszym razem. Następnie pipetą odmierzono 100 μl supernatantu i po dodaniu 2 ml 80% uwodnionego acetonu, mierzono widmo absorpcji, odczytując wartości absorbancji przy długościach fal charakterystycznych dla chlorofilu *a*, chlorofilu *b* i karotenoidów wynoszących odpowiednio: 470 nm, 646,8 nm i 663,2 nm. Do pomiarów widm absorpcji wykorzystano kuwetę kwarcową firmy Sigma.

Zawartość chlorofilu *a*, chlorofilu *b* oraz sumy karotenoidów obliczano ze wzorów:

$$C_a = 12,25 \cdot A_{663,2} - 2,79 \cdot A_{646,8}$$

$$C_b = 21,50 \cdot A_{646,8} - 5,10 \cdot A_{663,2}$$

$$C_{x+c} = \frac{1000 \cdot A_{470} - 1,82 \cdot C_a - 85,02 \cdot C_b}{198}$$

gdzie:

A – absorbancja,

C_a – zawartość chlorofilu *a* [mg/100 g],

C_b – zawartość chlorofilu *b* [mg/100 g],

C_{x+c} – zawartość sumy karotenoidów [mg/100g].

Zawartość barwników chlorofilowych oraz sumy karotenoidów przeliczono na 100 g suchej substancji.

Otrzymane wyniki poddano weryfikacji statystycznej, przeprowadzając dwuczynnikową analizę wariancji na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ oraz analizę regresji, w oparciu o program STATISTICA5.1.

WYNIKI BADAŃ

Średnia zawartość barwników chlorofilowych i karotenoidowych w świeżych liściach selera wynosiła: chlorofilu *a* – 745,4 4 mg/100 $\text{g}_{\text{s.s.}}$, chlorofilu *b* – 249,2 4 mg/100 $\text{g}_{\text{s.s.}}$, suma karotenoidów – 114,0 mg/100 $\text{g}_{\text{s.s.}}$.

Wyznaczone doświadczalnie zawartości tych związków, poddano dwuczynnikowej analizie wariancji testującej istotność wpływu temperatury płyt grzejnych, ciśnienia w komorze i jednoczesnego wpływu obu wymienionych zmiennych niezależnych. Uzyskane wyniki przedstawiono w Tabelach 1-3.

Tabela 1. Dwuczynnikowa analiza wariancji – wpływ temperatury i ciśnienia w komorze suszenia na zawartość chlorofilu *a* w suszu z liści selera

Table 1. Two factor variance analysis – the influence of temperature and pressure in drying chamber on chlorophyll a content in dried leaves of celery

Źródło wariancji	df	MS	df błęd	MS błęd	F	poziom p
temperatura	7	38916,33	160	6,934464	5612,017	0,00000
ciśnienie	3	14660,26	160	6,934464	2114,115	0,00000
interakcja	21	228,0882	160	6,934464	32,89196	0,00000

Tabela 2. Dwuczynnikowa analiza wariancji – wpływ temperatury i ciśnienia w komorze suszenia na zawartość chlorofilu b w suszu z liści selera**Table 2.** Two factor variance analysis – the influence of temperature and pressure in drying chamber on chlorophyll b content in dried leaves of celery

Źródło wariancji	df	MS	df błęd	MS błęd	F	poziom p
temperatura	7	2933,89	160	0,667439	4395,742	0,00000
ciśnienie	3	1531,146	160	0,667439	2294,061	0,00000
interakcja	21	28,25922	160	0,667439	42,33977	0,00000

W oparciu o dane liczbowe zestawione w Tabelach 1-3 można stwierdzić, że zarówno temperatura płyt grzejnych, ciśnienie w komorze suszenia, jak też interakcyjne oddziaływanie obu zmiennych niezależnych istotnie wpływają ($\alpha = 0,05$) na zawartość chlorofilu *a*, chlorofilu *b* oraz sumy karotenoidów w suszu z liści selera.

Tabela 3. Dwuczynnikowa analiza wariancji – wpływ temperatury i ciśnienia w komorze suszenia na zawartość sumy karotenoidów w suszu z liści selera**Table 3.** Two factor variance analysis – the influence of temperature and pressure in drying chamber on carotenoids content in dried leaves of celery

Źródło wariancji	df	MS	df błęd	MS błęd	F	poziom p
temperatura	7	641,3774	160	0,601989	1065,43	0,00000
ciśnienie	3	109,2799	160	0,601989	181,5313	0,00000
interakcja	21	10,52483	160	0,601989	17,48342	0,00000

Zmiany zawartości chlorofilu *a*, chlorofilu *b* oraz sumy karotenoidów w funkcji temperatury płyt grzejnych, na określonych poziomach ciśnienia, przedstawiono w postaci wielomianowych równań regresyjnych drugiego i trzeciego stopnia. Wyniki analizy regresji zebrano w Tabelach 4-6.

Tabela 4. Równania regresji – zawartość chlorofilu *a* w suszu z liści selera jako funkcja temperatury płyt grzejnych**Table 4.** Regression equations – the chlorophyll a content in dried leaves of celery as a function of heating plates temperature

p[Pa]	Równanie regresji	Współcz. r regresji	β	Błąd st. β	Poziom p
30	$C_a(t) = 682,51 + 1,66299t - 0,069t^2 + 0,00029t^3$ $R^2 = 0,9963$	a			0,00000
		b	0,60619	0,25112	0,02001
		c	-2,3148	0,55381	0,00014
		d	0,72688	0,31255	0,02471
63	$C_a(t) = 677,5929 + 1,797384t - 0,04937t^2$ $R^2 = 0,9960$	a			0,00000
		b	0,675633	0,062447	2,46E-15
		c	-1,65601	0,062447	2,94E-31
125	$C_a(t) = 684,9152 + 1,50936t - 0,04017t^2$ $R^2 = 0,9948$	a			0,00000
		b	0,675633	0,062447	4,17E-14
		c	-1,65601	0,062447	4,14E-29
198	$C_a(t) = 678,493 + 2,50078t - 0,0502t^2$ $R^2 = 0,9934$	a			0,00000
		b	1,13103	0,07005	2,4E-20
		c	-2,0914	0,07005	2,6E-31

Tabela 5. Równania regresji – zawartość chlorofilu *b* w suszu z liści selera jako funkcja temperatury płyt grzejnych**Table 5.** Regression equations – the chlorophyll b content in dried leaves of celery as a function of heating plates temperature

p[Pa]	Równanie regresji	Współcz. r regresji	β	Błąd st. β	Poziom p
30	$C_b(t) = 244,492 - 0,4633t - 0,0036t^2$ $R^2 = 0,995$	a	244,492	0,96999	0
		b	-0,4633	0,04539	2,7E-13
		c	-0,0036	0,00049	2,6E-09
63	$C_b(t) = 241,997 - 0,3552t - 6E-05t^3$ $R^2 = 0,995$	a	241,997	0,77507	0
		b	-0,3552	0,02676	3,7E-17
		c	-6E-05	3,8E-06	5,9E-20
125	$C_b(t) = 226,534 + 0,94106t - 0,0293t^2 + 0,00017t^3$ $R^2 = 0,992$	a	226,534	2,79823	0
		b	0,94106	0,21717	8,4E-05
		c	-0,0293	0,0052	1,1E-06
		d	0,00017	3,9E-05	9E-05
198	$C_b(t) = 234,165 + 0,38541t - 0,0101t^2$ $R^2 = 0,992$	a	234,165	0,90134	0
		b	0,38541	0,04218	8,1E-12
		c	-0,0101	0,00046	1E-25

Tabela 6. Równania regresji – zawartość sumy karotenoidów w suszu z liści selera jako funkcja temperatury płyt grzejnych
Table 6. Regression equations – the carotenoids content in dried leaves of celery as a function of heating plates temperature

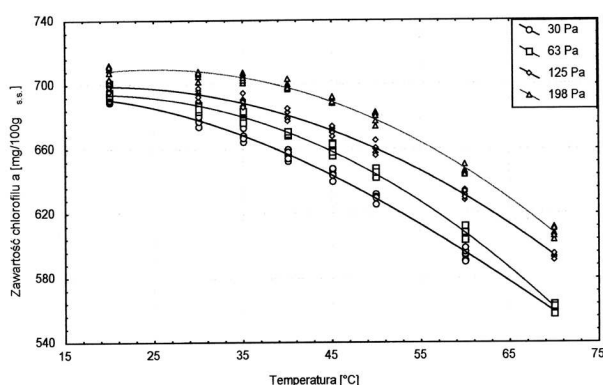
p[Pa]	Równanie regresji	Współcz. r. regresji	β	Błąd st. β	Poziom p
30	$C_{\Sigma+c}(t) = 94,5952 + 1,49382t - 0,041t^2 + 0,00028t^3$ $R^2=0,994$	a	94,5952	1,50884	1,1E-44
		b	1,49382	0,1171	2,2E-16
		c	-0,041	0,0028	1,6E-18
		d	0,00028	2,1E-05	5,6E-17
63	$C_{\Sigma+c}(t) = 110,484 + 0,12198t - 0,0047t^2$ $R^2=0,982$	a	110,484	0,76911	0
		b	0,12198	0,03599	0,00147
		c	-0,0047	0,00039	1,3E-15
125	$C_{\Sigma+c}(t) = 108,877 + 0,19843t - 0,0051t^2$ $R^2=0,972$	a	108,877	0,83903	0
		b	0,19843	0,03926	7,7E-06
		c	-0,0051	0,00043	1,4E-15
198	$C_{\Sigma+c}(t) = 106,222 + 0,34644t - 0,0065t^2$ $R^2=0,984$	a	106,222	0,61483	0
		b	0,34644	0,02877	1,1E-15
		c	-0,0065	0,00031	7,9E-25

Wyniki pomiarów zawartości chlorofilu *a*, chlorofilu *b*, sumy karotenoidów w suszu z liści selera oraz krzywe opisane wyznaczonymi równaniami regresyjnymi zostały przedstawione na rys.1-3.

Na podstawie analizy danych eksperymentalnych można stwierdzić, że podwyższenie temperatury płyt grzejnych od 20°C do 70°C powoduje zmniejszenie zawartości chlorofilu *a*, w suszu z liści selera, na wszystkich poziomach ciśnienia. Z kolei wzrost ciśnienia od 30 do 198 Pa skutkuje wzrostem zawartości chlorofilu *a* na każdym poziomie temperatury, w całym zakresie pomiarowym. Największą zawartością chlorofilu *a* charakteryzuje się susz uzyskany przy najwyższym ciśnieniu w komorze suszenia (198 Pa) i w temperaturze 20°C. Wzrost temperatury płyt grzejnych w zakresie 40-70°C intensyfikuje degradację chlorofilu *a*. Zmiany zawartości tego wyznacznika jakości są zdecydowanie mniejsze w zakresie temperatur 20-35°C, zwłaszcza przy najwyższym ciśnieniu w komorze suszenia. W tym zakresie temperatur retencja barwnika chlorofilowego zawiera się w granicach od 95% do 90% na wszystkich badanych poziomach ciśnienia. Najniższą retencją chlorofilu *a* wynoszącą 75% charakteryzował się susz uzyskany w naj-

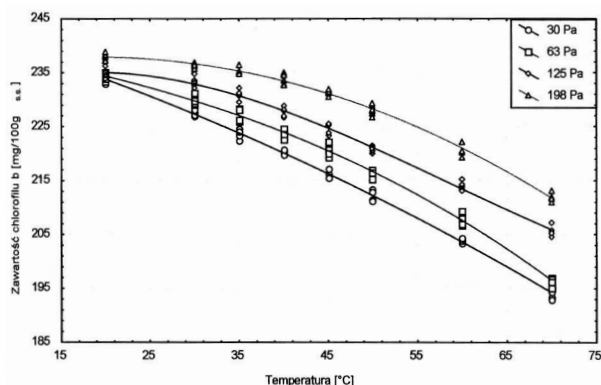
wyższej temperaturze- 70°C i przy najniższym ciśnieniu wynoszącym 30 Pa.

Również w przypadku chlorofilu *b* podwyższenie temperatury w zakresie 20-70°C, na określonym poziomie ciśnienia, przyczynia się do zmniejszenia zawartości tego wyróżnika jakości w suszu. Zmiany zawartości chlorofilu *b* są bardziej intensywne (w całym zakresie temperatury) przy ciśnieniu 30 i 63 Pa niż na wyższych poziomach ciśnienia w komorze suszenia (125 Pa, 198 Pa). Najmniejszy wpływ ciśnienia, w określonej temperaturze płyt grzejnych, na zawartość chlorofilu *b* stwierdzono na najniższym poziomie temperatury wynoszącym 20°C. Wraz ze wzrostem temperatury, wpływ ciśnienia w komorze suszenia, na zawartość chlorofilu *b*, jest coraz większy. Zmiana temperatury płyt grzejnych, w zakresie 20-35°C ($p = 198$ Pa) w niewielkim stopniu wpływa na retencję chlorofilu *b* w suszu z liści selera – około 1%. Największą retencją chlorofilu *b*, wynoszącą 95%, charakteryzował się susz uzyskany w temperaturze 20°C i przy ciśnieniu 198 Pa. Najniższą zawartość tego składnika, wynoszącą 78% odnotowano w suszu uzyskanym, w najwyższej temperaturze wynoszącej 70°C i przy najniższym ciśnieniu 30 Pa.



Rys. 1. Zawartość chlorofilu *a* w suszu z liści selera jako funkcja temperatury płyt grzejnych

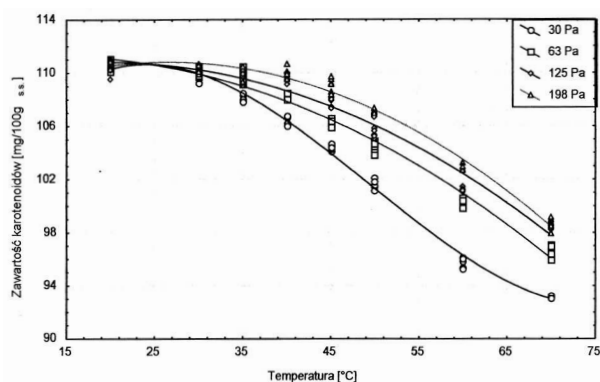
Fig. 1. Chlorophyll a content in dried leaves of celery as a function of heating plates temperature



Rys. 2. Zawartość chlorofilu *b* w suszu z liści selera jako funkcja temperatury płyt grzejnych

Fig. 2. Chlorophyll b content in dried leaves of celery as a function of heating plates temperature

Powyższe wyniki wskazują na bardzo wysoką retencję chlorofilu w otrzymanych w zróżnicowanych warunkach suszach z liści selera. Podobne wartości chlorofilu *a* i chlorofilu *b* otrzymali Polak i in. (2009) w liofilizatach z liści lubczyka. W zależności od warunków prowadzenia procesu sublimacyjnego suszenia retencja chlorofilu *a* w suszach wynosiła od 75 do 94% a chlorofilu *b* wahała się w granicach od 76% do 93%. Witrowa-Rajchert i in. (2009) donoszą, że degradacja chlorofilu *a* i chlorofilu *b* w suszonym mikrofalowo-konwekcyjnie oregano wynosiła odpowiednio 17% i 13%. Również Chan i in. (2009) oraz Śledź i in. (2012a) zaobserwowali degradację chlorofilu *a* i chlorofilu *b* na poziomie 12% w suszonych mikrofalowo i mikrofalowo-konwekcyjnie liściach imbiru i pietruszki. Wysoką retencję chlorofilu *a* i chlorofilu *b* wykazali Śledź i in. (2012b) na podstawie analizy zawartości barwników chlorofilowych w suszonych mikrofalowo-konwekcyjnie liściach bazylii, lubczyka, mięty ogrodowej, pietruszki oraz rukoli. Autorzy donoszą, że najmniejsze zmiany zawartości chlorofilu *a* i *b* odnotowano w suszu z liści lubczyka, który tak jak i seler zwyczajny należy do rodziny *Apiaceae*.



Rys. 3. Zawartość sumy karotenoidów w suszu z liści selera jako funkcja temperatury płyt grzejnych

Fig. 3. Carotenoids content in dried leaves of celery as a function of heating plates temperature

Analizując dane eksperymentalne można stwierdzić, że zawartość sumy karotenoidów, na danym poziomie temperatury (z zakresu 20-70°C), rośnie wraz ze wzrostem ciśnienia od 30 do 198 Pa. Przy czym wpływ podwyższonego ciśnienia (w badanym zakresie) na zdolność do zachowania karotenoidów w suszu z liści selera zaznacza się bardziej wraz ze wzrostem temperatury. Wzrost wartości ciśnienia od 30 do 198 Pa dla temperatury 70°C powoduje zwiększenie retencji sumy karotenoidów w suszu z liści selera o około 5%, natomiast na poziomie temperatury 20°C zmiana retencji wynosi zaledwie 0,3%. Na każdym z zadanych poziomów ciśnienia zachowalność karotenoidów w suszu z liści badanej rośliny przyprawowej maleje wraz ze wzrostem temperatury płyt grzejnych. Zawartość sumy karotenoidów jest dość stabilna przy niższych temperaturach płyt grzejnych (20-35°C) – w najwyższym ciśnieniu z badanego zakresu, różnice retencji sumy karotenoidów wynoszą około 1%. Najniższą retencję

badanego składnika wynoszącą 82% charakteryzował się susz uzyskany przy najniższym ciśnieniu- 30 Pa i w najwyższej temperaturze wynoszącej 70°C. Natomiast najwyższe zawartości sumy karotenoidów stwierdzono w suszu z liści selera uzyskany w temperaturze 20°C i przy ciśnieniu 198 Pa.

Wysoka retencja barwników karotenoidowych w tych warunkach procesu sublimacyjnego suszenia może być wynikiem skrócenia czasu suszenia oraz zmniejszeniem degradacji termicznej suszonego materiału przy temperaturze półki grzejnej 20°C (najniższej z badanego zakresu). Podobne zależności odnotowali Polak i in. (2009) analizując zawartość sumy karotenoidów w suszonych sublimacyjnie liściach lubczyka. Autorzy donoszą o zmniejszeniu retencji karotenoidów w wyniku zwiększenia temperatury półek grzejnych oraz zwiększeniu zachowalności barwników wraz ze wzrostem ciśnienia w komorze suszarki sublimacyjnej. Z kolei Fiutak i współpracownicy (2013) badali wpływ konwekcji i liofilizacji na zawartość chlorofilu i karotenoidów w kolendrze siewnej, rozponce warzywniej oraz dziko rosnącej kosmie strzałkowej i pokrzywie zwyczajnej. Autorzy donoszą, że suszenie na drodze liofilizacji badanych roślin uprawnych okazało się korzystniejsze od tradycyjnego pod względem zachowalności barwników roślinnych.

WNIOSKI

1. Na podstawie danych eksperymentalnych wykazano istotność wpływu (na poziomie istotności $\alpha = 0,05$) temperatury płyt grzejnych i ciśnienia w komorze suszarki sublimacyjnej na zawartość chlorofilu *a* i *b* oraz sumy karotenoidów w suszu z liści selera.
2. Zależność zawartości chlorofilu *a* i *b* oraz sumy karotenoidów, w suszu z liści selera, od temperatury płyt grzejnych (na każdym z badanych poziomów ciśnienia) opisano funkcjami wielomianowymi drugiego i trzeciego stopnia.
3. Zawartość chlorofilu *a* i chlorofilu *b*, sumy karotenoidów w suszu z liści selera maleje wraz ze wzrostem temperatury płyt grzejnych od 20°C do 70°C i obniżeniem ciśnienia w komorze suszarki sublimacyjnej w zakresie od 198 Pa do 30 Pa.
4. Najwyższą retencją chlorofilu *a* i *b* charakteryzował się susz z liści selera otrzymany w temperaturze 20°C i pod ciśnieniem 198 Pa, przy tej wartości ciśnienia podniesienie temperatury suszenia do 35°C zmniejsza zachowalność barwników chlorofilowych o około 1%.
5. Zawartość sumy karotenoidów w suszu z liści selera zmienia się w niewielkich granicach, jeśli proces suszenia sublimacyjnego prowadzony jest w temperaturze płyt grzejnych nie wyższej niż 35°C i przy ciśnieniu 198 Pa.
6. Najwyższą retencją sumy karotenoidów charakteryzował się susz z liści selera uzyskany w temperaturze 20°C i pod ciśnieniem 198 Pa.

LITERATURA

1. **Bone R.A., Landrum J.T., Fernandez L., Tarsis S.L. 1988.** Analysis of macular pigment by HPLC: retinal distribution and age study. *Invest. Ophthalmol. Visual. Sci.*, 29, 843-849.
2. **Chan E.W.C., Lim Y.Y., Wong S.K., Lim K.K., Tan S.P., Lianto F.S., Yong M.Y. 2009.** Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species. *Food Chemistry* 113, 166-172.
3. **Cinar I. 2004.** Carotenoid pigment loss of freeze-dried plant samples under different storage conditions. *LWT-Food Sci. Technol.* 37, 363-367.
4. **Di Cesare L. F., Forni E., Viscardi D., Nani R.C. 2003.** Changes in the chemical composition of basil caused by different drying procedures. *J.Agricult. Food Chem.* 51, 3575-3581.
5. **Di Cesare L. F., Forni E., Viscardi D., Nani R. C. 2004.** Influence of drying techniques on the volatile phenolic compounds, chlorophyll and colour of oregano (*Origanum vulgare L. ssp. Prismaticum gaudin*). *Ital. J. Food Sci.* 16, 165-175.
6. **Douce R., Packer L. 1987.** Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. By Lichtenthaler H.K. *Methods in Enzymology*, Vol. 148, 349-382
7. **Fiutak G., Macura R., Filipeczak-Fiutak M., Malecka K. 2013.** Wpływ suszenia konwekcyjnego i liofilizacji na zawartość barwników i witaminy C w wybranych roślinach zielonych. *Episteme* (18), 107-114.
8. **Horubala A. 1975.** Podstawy przechowywania żywności. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
9. **Huopalahti R, Kesalahti E., Linko R. 1985.** Effect of hot air and freeze drying on the volatile compounds of dill (*Anethum graveolens L.*) herb. *Journal of Agricultural Science in Finland*, 57, 133-138.
10. **Irzyniec Z., Klimczak J., Michałowski S. 1995.** Freeze-drying of the black currant juice. *Drying Technology*, 13, (1-2), 417-424.
11. **Janik E., Grudziński W., Gruszecki W.I., Krupa Z. 2008.** The xanthophyll cycle pigments in *Secale cereale* leaves under combined Cd and high light stress conditions. *J Photochem. Photobiol. B*, 90, 47-52.
12. **Jędrzejko K. 1995.** Rośliny przyprawowe i przyprawy. *Wiadomości zielarskie*, 11, s. 19-20.
13. **Jędrzejko K., Klama H., Żarnowiec J. 1997.** Zarys wiedzy o roślinach leczniczych. Śląska Akademia Medyczna, Katowice.
14. **Karel M., Flink J.M., 1973.** Influence of frozen state reactions on freeze-dried foods. *J.Agr. Food Chem.*, Vol. 21, No1, 16-21.
15. **King C.J. 1971.** Freeze-Frying of Food. CRC Press, Cleveland.
16. **Martyniak-Przybyszewska B. 2001.** Rośliny przyprawowe. Wydawnictwo UWM w Olsztynie, Olsztyn.
17. **Miki W. 1991.** Biological functions and activities of animal carotenoids. *Pure Applied Chem.* 63, 141-146.
18. **Polak R. 2008.** Wpływ parametrów sublimacyjnego suszenia na zmianę współrzędnych barwy suszu z liści selera. *Acta Sci. Pol., Technica Agraria* 7(1-2), 9-18.
19. **Polak R., Krzykowski A., Kluza F. 2009.** Ocena degradacji barwników chlorofilowych i karotenoidowych w liofilizowanych liściach lubczyka ogrodowego (*Levisticum officinale Koch.*). *Chłódnictwo* 44, 50-53.
20. **Polska Norma, 1991.** Surowce zielarskie. Pobieranie próbek i metody badań. PN – 91/ R-87019.
21. **Polska Norma, 2000.** Produkty owocowe i warzywne. Oznaczanie zawartości suchej substancji w wyniku suszenia przy obniżonym ciśnieniu i zawartości wody w wyniku destylacji azeotropowej. PN-ISO 1026.
22. **Rocha T., Marty-Audouin C., Lebert A. 1993.** Effect of drying temperature and blanching on the degradation of chlorophyll a and b in mint (*Mentha spicata Huds.*) and basil (*Ocimum basilicum*): Analysis by high performance liquid chromatography with photodiode array detection. *Chromatographia* 36, 152-156.
23. **Rumińska A., Ożarowski A. 1990.** Leksykon roślin leczniczych. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
24. **Schwartz S.J., J.H. von Elbe. 1983.** Kinetics of chlorophyll degradation to pyropheophytin in vegetables. *Journal of Food Science*, 48, s. 1303-1306.
25. **Sedo A., Krejca J. 1988.** Rośliny źródłem przypraw. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
26. **Shofian N.M., Hamid A.A., Osman A., Saari N., Anwar F., Dek M.S.P., Hairuddin M., R. 2011.** Effect of freeze-drying on the antioxidant compounds and antioxidant activity of selected tropical fruits. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(7), 4678-4692.
27. **Sikorski Z.E. 2007.** Chemia żywności. Składniki żywności. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
28. **Śledź M., Witrowa-Rajchert D. 2012a.** Zmiany zawartości chlorofilu oraz polifenoli podczas przechowywania suszonych mikrofalowo-konwekcyjnie liści pietruszki. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* z.570, 97-106.
29. **Śledź M., Witrowa-Rajchert D. 2012b.** Influence of microwave-convective drying on chlorophyll content and colour of herbs. *Acta Agrophysica*, 19(4), 865-876.
30. **Śledź M., Witrowa-Rajchert D. 2012c.** Składniki biologicznie czynne w suszonych ziołach – czy ciągle aktywne?. *Kosmos. Problemy nauk biologicznych.* (295), 319-329.
31. **Witrowa-Rajchert D., Hankus M., Pawlak E. 2009.** Wpływ metody suszenia na zawartość chlorofilu i barwę oregano oraz bazylii. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 1, 70-71.
32. **Van De Berg H., Faulks R., Granado F.H., Hirschberg J., Olmedilla B., Sandmann G., Southon S., Stahl W. 2000.** The potential for the improvement of carotenoid levels in foods and the likely systemic effects. *J. Sci. Food Agric.* 80, 880-912.
33. **Young A.J., Philip D.M., Lower G.M. 1993.** Carotenoid antioxidant activity. *Carotenoids in health and disease.* Edited by Krinsky N.I., 105-126.
34. **Yousif A.N., Durance T.D., Scaman C.H., Girard B. 2000.** Headspace volatiles and physical characteristics of vacuum-microwave, air and freeze-dried oregano (*Lippia berlandieri Schauer*). *Food Chemistry and Toxicology*, vol.65, No. 6, 926-930.

INFLUENCE OF FREEZE-DRYING PARAMETERS
ON CHLOROPHYLLS AND CAROTENOIDS
RETENTION IN DRIED LEAVES OF CELERY
(*APIUM GRAVEOLENS* L.)

Summary. The aim of the work was the assessment of the influence of freeze-drying parameters (temperature and pressure) on chlorophyll and carotenoid pigments retention in dried leaves of celery (*Apium graveolens* L.) cv. Monarch. The preliminary frozen leaves of celery were freeze-dried at the range of tem-

perature 20°C-70°C, with a pressure 30 Pa, 63 Pa, 125 Pa, 198 Pa using a ALPHA 1-4 laboratory freeze dryer of the one-sided contact process of heat supply. The chlorophylls and carotenoids content was determined on the basis of Lichtenthaler method using single beam, absorption spectrophotometer DiodeArray, Hewlett-Packard 8453. The results showed significant influence ($\alpha=0.05$) of temperature and pressure in drying chamber on chlorophyll a and chlorophyll b content and the sum of carotenoids in dried leaves of celery.

Key words: freeze-drying, chlorophyll, carotenoids, leaves, celery.

Analiza działań modernizacyjnych na przykładzie wybranego gospodarstwa rodzinnego ukierunkowanego na produkcję roślinną

Małgorzata Powała, Krzysztof Burak, Jacek Skudlarski, Tomasz Żelaziński

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,
Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa,
e-mail: malgorzata_powalka@sggw.pl, jacek_skudlarski@sggw.pl, tomasz_zelazinski@sggw.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono analizę wyposażenia parku maszynowego gospodarstwa rodzinnego, ukierunkowanego na produkcję roślinną. Gospodarstwo rozwojowe o powierzchni 1150 ha., położone było na terenie województwa kujawsko-pomorskiego. W pracy jako technologie alternatywne dla technologii tradycyjnej stosowanej w gospodarstwie wzięto pod uwagę uprawę bezorkową i uprawę pasową. Technologie te zostały przeanalizowane pod kątem ekonomicznym, poprzez porównanie kosztów i uzyskanych zysków w produkcji poszczególnych roślin uprawianych w gospodarstwie. Badania przeprowadzono w formie wywiadu kierowanego. Z analizy wynika, że odejście od uprawy płużnej na rzecz technologii alternatywnych nie zwiększa zasadniczo dochodu gospodarstwa i nie pozwoli na szybki zwrot nakładów poniesionych na zakup maszyn i urządzeń koniecznych do wprowadzenia uproszczeń w uprawie.

Słowa kluczowe: gospodarstwo, park maszynowy, produkcja roślinna, uprawa tradycyjna, uprawa bezorkowa, uprawa pasowa.

WPROWADZENIE

Na przestrzeni ostatnich lat, a szczególnie od czasu akcesji Polski do Unii Europejskiej obserwuje się tendencję zmniejszania się liczby polskich gospodarstw rolnych z jednoczesnym wzrostem ich powierzchni. Średnia wielkość powierzchni gruntów rolnych w gospodarstwie rolnym w kraju, w 2012 roku wynosiła 10,38 ha (w 2007 – 9,91 ha). Jednocześnie w ciągu tego okresu wzrost powierzchni gospodarstw przyczyniał się do poprawy ich wyposażenia w środki produkcji, bardziej efektywnego wykorzystania ciągników i maszyn rolniczych a w efekcie do zmniejszenia kosztów mechanizacji i poprawienia efektów gospodarowania [5, 10, 19, 20].

W polskim rolnictwie podstawową i dominującą uprawą roli jest uprawa tradycyjna z uprawkami odwracającymi i spulchniającymi, w której największe znaczenie ma pług.

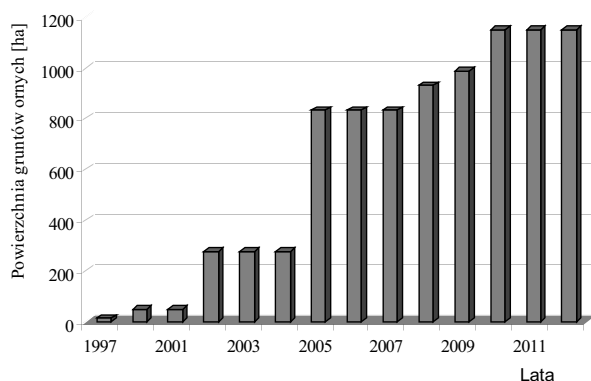
Jednak stosowanie intensywnej i mechanicznej uprawy roli jest najbardziej pracochłonnym jak i energochłonnym procesem w produkcji poszczególnych grup roślin uprawnych. Z tego względu w ostatnich latach zwiększyło się zainteresowanie rolników uprawami uproszonymi, umożliwiającymi ograniczenie nakładów bez obniżenia wartości uzyskanego plonu [7]. Uproszczenia w uprawie polegają m.in. na zmniejszaniu głębokości uprawy, eliminowaniu uprawek, zastępowaniu orki kultywatorowaniem. Pozwalają one na zmniejszenie nakładów pracy na wykonanie zabiegów uprawowych, oszczędność czasu i zużycia paliw, mniejsze koszty utrzymywania maszyn a jednocześnie zmniejszają zagęszczenie warstwy podornej, chronią glebę przed erozją wodną i wietrzną, obniżają zanieczyszczenie powietrza, zwiększają stabilność gleby, zawartość substancji organicznej i aktywność biologiczną gleby [1, 4, 6, 8, 9, 14]. Zmniejszenie ilości zabiegów uprawowych oraz ich głębokości może jednak wpłynąć negatywnie na plonowanie roślin [2, 13, 17, 18] i nie pozwoli na szybki zwrot nakładów poniesionych na zakup maszyn i urządzeń koniecznych do wprowadzenia uproszczeń w uprawie [3].

CEL I ZAKRES

Celem pracy była analiza wyposażenia parku maszynowego oraz określenie opłacalności przejścia z uprawy tradycyjnej, stosowanej w gospodarstwie na alternatywne technologie uprawy – uprawę bezorkową i pasową. Zakresem pracy objęto wybrane gospodarstwo rodzinne, ukierunkowane na produkcję roślinną. Technologia tradycyjna i technologie alternatywne zostały przeanalizowane pod kątem ekonomicznym, poprzez porównanie kosztów i uzyskanych zysków w produkcji poszczególnych roślin uprawianych w gospodarstwie. Badania przeprowadzono w formie wywiadu kierowanego.

CHARAKTERYSTYKA BADANEGO GOSPODARSTWA

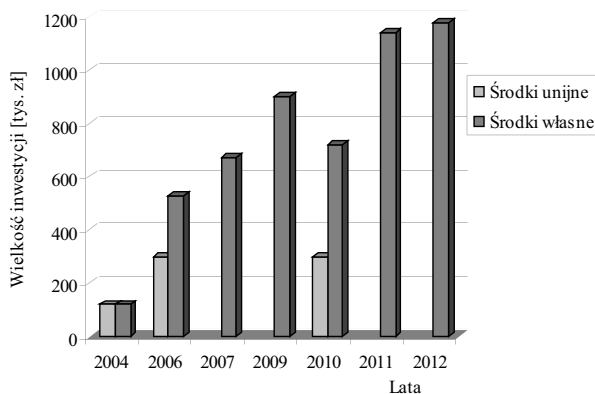
Gospodarstwo poddane analizie znajduje się na terenie województwa kujawsko-pomorskiego, jego główną specjalizacją jest produkcja roślinna. Powierzchnia gospodarstwa wynosi 1150 ha i składają się na nią wyłącznie grunty własne. Na rys. 1 przedstawiono strukturę obszarową gospodarstwa, które przed rokiem 2000 posiadało ok. 10 ha gruntów ornych.



Rys. 1. Zmiany powierzchni gruntów ornych gospodarstwa w latach 1997-2012 [ha], [źródło: badania własne]

Fig. 1. Changes in the area of arable farms in the years 1997-2012 [ha]

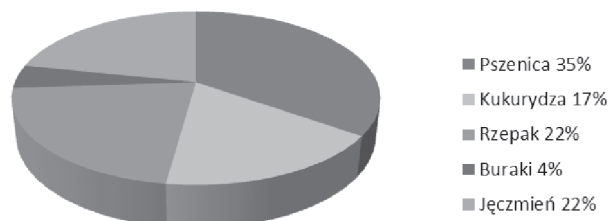
W Polsce tylko nieliczne gospodarstwa zdolne są do przeprowadzenia znaczącej modernizacji technicznego wyposażenia, przede wszystkim ze względu na brak środków finansowych na zakup nowych maszyn [12]. Dlatego też dużą rolę w procesie rozwoju i rozbudowy analizowanego gospodarstwa miały fundusze unijne. Dzięki wielokrotnej unijnej pomocy finansowej zmodernizowano własny park maszynowy a także pozyskano grunty orne od okolicznych rolników, ze skarbu państwa czy ze spółek rolnych (rys. 2). Pierwsze fundusze pozyskane były z programu SAPARD w roku 2004, a następnie w roku 2006 i 2010, w ramach sektorowego programu operacyjnego oraz programu rozwoju obszarów wiejskich.



Rys. 2. Poziom inwestycji w gospodarstwie latach 2004-2012 [w tys. zł], [źródło: badania własne]

Fig. 2. The level of investment in the farm period 2004-2012 [in thousand zł]

W strukturze zasiewów gospodarstwa w 2012 r. dominowały zboża – 74%, w tym pszenica ozima stanowiła 35%, jęczmień browarny 22% oraz kukurydza 17%. Znaczącą pozycję w strukturze produkcji roślinnej zajmowała także uprawa rzepaku – 22%. Najmniejszy areal dotyczył buraków cukrowych i wynosił 4%. Rośliny zaliczane do grupy zboża uprawiano na powierzchni ok. 850 ha, powierzchnia zasiewu rzepaku wynosiła ok. 250 ha a buraków 50 ha (rys.3).



Rys. 3. Struktura zasiewów w analizowanym gospodarstwie [źródło: badania własne]

Fig. 3. Structure of crops at the farm tested

W strukturze bonitacyjnej gospodarstwa przeważają gleby bielcowe i brunatne w klasie III i IV, zajmują one 69,5% ogólnej powierzchni gruntów. Gleby najbardziej produktywne, z klasy I i II, na których uzyskuje się najwyższe plony stanowią 17 % gruntów ornych. Gleby te przeznaczone są pod zasiew pszenicy, rzepaku ponieważ można na nich osiągać wysokie plony bez większych nakładów pracy przy wykonaniu zabiegów uprawowych. Szczególniej uwadze poddane są grunty najslabsze, z klasy V i VI, które stanowią 13,5% arealu. Dzięki odpowiedniemu nawożeniu, płytkiej uprawie oraz stosowaniu roślin poplonowych, udaje się uzyskiwać na nich stosunkowo wysokie plony. Uprawia się na nich przeważnie kukurydzę i jęczmień, a więc rośliny mniej wrażliwe na niedobory wody.

ANALIZA WYPOSAŻENIA PARKU MASZYNOWEGO GOSPODARSTWA

Znaczącą rolę w procesie produkcji roślinnej odgrywają środki techniczne, skupione w gospodarstwie rolnym. Powierzchnia gospodarstwa wymusza stosowanie dużych i wydajnych maszyn. Takie maszyny mogą jednak negatywnie oddziaływać, mogą też przyczynić się do zmiany składu fauny i mikroflory glebowej [14]. Dlatego w gospodarstwie stosuje się agregaty wieloczynnościowe umożliwiające ograniczenie liczby przeprowadzanych zabiegów. Większość stosowanych maszyn jest wyposażona w szerokie niskociśnieniowe ogumienie, co dodatkowo wpływa na obniżenie ugniatania gleby.

W tabeli 1 zamieszczono zestawienie wieku i stanu technicznego parku maszynowego, znajdującego się na wyposażeniu analizowanego gospodarstwa. Można stwierdzić, że gospodarstwo posiada odpowiednie wyposażenie zaplecza technicznego, dysponuje niemal wszystkimi narzędziami i maszynami przeznaczonymi do uprawy, pielęgnacji, zbiorów i do innych zabiegów agrotechnicznych wykonywanych zgodnie z kierunkiem produkcji.

Według subiektywnej oceny stanu technicznego posiadanych maszyn większość z nich została oceniona dobrze lub bardzo dobrze. Jedyne stan przyczep został określony jako średni.

W tabeli 2 przedstawiono zestawienie czasu pracy parku maszynowego gospodarstwa. W przypadku niektórych maszyn widać bardzo intensywne użytkowanie w dekadach

szczytowych. Wiąże się to przeważnie z krótkimi terminami między zbiorem płodów a siewem kolejnej rośliny i z ciągłą, nieprzerwaną pracą maszyn.

Najintensywniej wykorzystywanymi maszynami w gospodarstwie są ciągniki rolnicze. Są to maszyny nowoczesne, których średni wiek wynosi 4,75 lat. Są przeznaczone do agregowania z narzędziami rolniczymi, służą za źródło

Tabela 1. Zestawienie wieku i stanu technicznego parku maszynowego

Table 1. Technical condition and age of the machinery

Wyszczególnienie	Nazwa maszyny	Wiek		Stan techniczny
		Poszczególnych maszyn [lata]	Średnio [lata]	
Ciągniki rolnicze	Ciągnik 1	6	4,75	dobry
	Ciągnik 2	4		bardzo dobry
	Ciągnik 3	2		bardzo dobry
	Ciągnik 4	7		dobry
Narzędzia i maszyny uprawowe	Pług obracalny	6	6,5	bardzo dobry
	Kultywator ścierniskowy	5		bardzo dobry
	Brona talerzowa	4		bardzo dobry
	Brona zębowa	11		dobry
Maszyny do nawożenia i ochrony	Opryskiwacz	2	3,3	bardzo dobry
	Rozsiewacz nawozów	2		bardzo dobry
	Roztrzęsacz do obornika	6		dobry
Maszyny do siewu	Agregat uprawowo-siewny	6	7,5	bardzo dobry
	Siewnik punktowy	9		bardzo dobry
Maszyny do zbioru	Kombajn zbożowy	8	8	bardzo dobry
Przyczepy	Przyczepa 1	10	13	dobry
	Przyczepa 2	27		średni
	Przyczepa 3	24		średni
	Przyczepa 4	2		bardzo dobry
	Przyczepa 5	2		bardzo dobry
Maszyny do załadunku	Ładowarka teleskopowa	2	2	bardzo dobry

Źródło: badania własne

Tabela 2. Średnie wykorzystanie roczne i w dekadzie szczytowej ciągników i maszyn rolniczych

Table 2. The use of annual average and peak decade of tractors and agricultural machinery

Lp.	Wyszczególnienie	Wykorzystanie ciągników i maszyn rolniczych w dekadzie szczytowej w działalności produkcyjnej gospodarstwa [h·rok-1]	Roczne wykorzystanie ciągników i maszyn rolniczych w działalności produkcyjnej gospodarstwa [h·rok-1]
1.	Ciągnik 1	147	933,5
2.	Ciągnik 2	76,5	528
3.	Ciągnik 3	149	540,5
4.	Ciągnik 4	117,5	568
5.	Pług	122	329,5
6.	Kultywator ścierniskowy	26	244,5
7.	Brona talerzowa	24	154,5
8.	Brona zębowa	59,5	71,5
9.	Opryskiwacz	35	131
10.	Rozsiewacz do nawozów	40,5	120
11.	Roztrzęsacz obornika	149	203,75
12.	Agregat uprawowo-siewny	50	246,5
13.	Siewnik punktowy	35,5	35,5
14.	Kombajn zbożowy	95,5	172,5
15.	Ładowarka teleskopowa	136,5	521,5

Źródło: badania własne

napędu dla maszyn, wykorzystywane są również jako środki transportowe. W analizowanym gospodarstwie znajdują się cztery ciągniki, w tym dwóch dużych, o mocy 300 i 360 KM, które wykonują najważniejsze zabiegi uprawowe oraz dwóch mniejszych o mocy 160 KM i 86 KM, stosowanych przy zabiegach pielęgnacji i siewu. Dużym rocznym wykorzystaniem charakteryzuje się również ładowarka teleskopowa, która w działalności produkcyjnej gospodarstwa użytkowana jest przy wielu czynnościach manipulacyjnych, związanych z załadunkiem, przeładunkiem, transportem i magazynowaniem płodów rolnych. Z kolei najstarszymi maszynami w gospodarstwie są maszyny do załadunku, a ich średni wiek wynosi 13 lat.

Przeprowadzona analiza wyposażenia w park maszynowy gospodarstwa pozwala stwierdzić, że wyposażenie obiektu jest zgodne z ukierunkowaniem produkcji. Pozwala zmechanizować większość prac oraz dotrzymać terminów agrotechnicznych. Jedynie w przypadku zbioru buraków cukrowych występuje potrzeba korzystania z zewnętrznych usług mechanizacyjnych. Posiadane zaplecze techniczne jest odpowiednio liczne i przyczynia się do samowystarczalności gospodarstwa. Poza tym posiadany w gospodarstwie park techniczny został dobrze oceniony pod względem stanu technicznego.

WYNIKI ANALIZY PLANOWANYCH MODERNIZACJI

Ze względu na ciągły wzrost powierzchni upraw poszczególnych roślin w gospodarstwie poszukuje się uproszczeń w produkcji polowej. Stosowana w gospodarstwie intensywna i mechaniczna uprawa roli jest najbardziej energo- i czasochłonnym procesem w produkcji roślinnej. Możliwości modernizacji upatruje się w uprawie bezorkowej i pasowej, które umożliwiają ograniczenie liczby i intensywności zabiegów uprawowych stosowanych w procesie przygotowania roli do siewu. Te dwie alternatywne technologie uprawy mogą wpływać na obniżenie kosztów bezpośrednich produkcji roślinnej i dodatkowo korzystnie wpływać na właściwości gleby. Jednak z punktu widzenia wykorzystania techniki rolniczej technologie te różnią się sposobem przygotowania gleby do siewu, siewem nasion, zabiegami pielęgnacyjnymi, intensywnością nawożenia i ochrony. Dodatkowo wprowadzenie nowych technologii wiąże się z wysokimi kosztami związanymi z koniecznością prowadzenia maszyn z wykorzystaniem GPS przypadku uprawy pasowej oraz zakupem nowych maszyn, pozwalającym na wykonanie poszczególnych zabiegów, m.in. kultywatora ścierniskowego i kultywatora pasowego oraz siewników do uprawy bezorkowej i pasowej.

Wybór technologii uprawy w analizowanym gospodarstwie rolnym jest decyzją dalekosiężną a podstawowym czynnikiem w momencie wyboru jest nie tyle koszt odpowiadających maszyn, co zyski w kolejnych latach wynikające ze stosowanych upraw. W tabeli 3 przedstawiono wyniki badań dotyczące kosztów i zysków w uprawie poszczególnych roślin systemem tradycyjnym oraz z zastosowaniem

uproszczeń uprawowych. Koszty obliczono na podstawie metodyki według E. Lorencowicza [11].

W celu oceny dwóch wybranych technologii alternatywnych dla tej stosowanej w gospodarstwie przeprowadzony został wywiad środowiskowy w gospodarstwie rolnym położonym w miejscowości Szychowo, powiat toruński, gdzie te technologie są już stosowane. Dotyczył on przede wszystkim efektów uzyskanych po zmianie systemu uprawy, kosztów poniesionych na zmianę technologii oraz uzyskanych zysków.

Jak wynika z obserwacji zabieg uprawy bezorkowej przebiegał bezproblemowo w przypadku uprawy po ściernisku zbóż i rzepaku, natomiast w przypadku uprawy po kukurydzy zbieranej na ziarno duża ilość resztek roślinnych powodowała zatory, w skrajnych przypadkach przed tym zabiegiem pocięto i wymieszano z glebą masę roślinną za pomocą brony talerzowej. Z uwagi na brak orki polepszyły się warunki dla rozwoju chwastów, dlatego też znacznie zwiększono liczbę zabiegów chemicznych. Dotyczyło to zwłaszcza pszenicy i jęczmienia, gdzie pozostająca na polu słoma stanowiła źródło chorób oraz powodowała samosiewy oraz buraków gdzie konieczne było zastosowanie dodatkowych zabiegów ochrony przeciwko chorobom grzybiczym co dodatkowo zwiększyło koszty.

Najniższą liczbą zabiegów charakteryzuje się technologia pasowa, stąd niezaprzeczalną zaletą tego systemu uprawy gleby jest najniższa energochłonność. W każdym przypadku w produkcji danej rośliny uprawnej koszt zużytego paliwa był najmniejszy. Jednak to uproszczenie uprawy skutkuje znacznym zwiększeniem kosztów nawożenia chemicznego i mineralnego w stosunku do uprawy tradycyjnej. Zmiana technologii wiązała się również ze sporą niższą plonów, co przekładało się na przychody gospodarstwa.

Dla analizowanego gospodarstwa uzyskanie najwyższych zysków możliwe jest w przypadku uprawy tradycyjnej. Niższe zużycie paliwa w technologiach alternatywnych nie rekompensuje wyższych kosztów ochrony chemicznej, nawożenia i obniżonych plonów. Zestawienie poszczególnych kosztów i zysków dla roślin uprawianych w poszczególnych technologiach potwierdziło, że pozyskiwanie produktu coraz lepszej jakości gwarantuje jedynie uprawa tradycyjna.

PODSUMOWANIE

Wyposażenie badanego gospodarstwa jest zgodne z ukierunkowaniem produkcji. Wykorzystywane w gospodarstwie maszyny pozwalają w pełni zmechanizować poszczególne prace oraz dotrzymywać terminów agrotechnicznych. Nie ma konieczności korzystania z usług mechanizacyjnych, które mogłyby dodatkowo zwiększyć koszty. Ponadto posiadanie własnych maszyn gwarantuje prowadzenie zabiegów w najbardziej dogodnym momencie, w przypadku korzystania z usług często wynika to z możliwości usługodawcy.

Wprowadzenie technologii uproszczonych w analizowanym gospodarstwie wiązałyby się z wprowadzeniem nowych maszyn i urządzeń technicznych, co znacząco wpływa na koszty takich modernizacji. Zaproponowane

Tabela 3. Zestawienie kosztów i zysków dla poszczególnych technologii w analizowanym gospodarstwie (T – uprawa tradycyjna; B – uprawa bezortkowa; ST – uprawa Strip Till)
Table 3. Costs and benefits of each technology in the analyzed farm (T – traditional cultivation; B – conservation tillage, cultivation ST – Strip Till)

Lp.	Technologia uprawy	Pszonica			Rzepak			Kukurydza			Jęczmień			Buraki		
		T	B	ST	T	B	ST	T	B	ST	T	B	ST	T	B	ST
1	Powierzchnia uprawy	400 ha			250 ha			200 ha			250 ha			50ha		
2	Koszt jednostkowy materiału siewnego [zł/ha]	250	250	130	480	480	290	450	450	180	180	110	800	800	800	
3	Koszt jednostkowy zużytego paliwa [zł/ha]	300	230	150	300	230	150	380	230	320	150	150	420	230	150	
4	Koszt jednostkowy nawożenia środkami chemicznymi [zł/ha]	250	420	380	240	380	340	140	170	140	320	260	360	530	480	
5	Koszt jednostkowy nawozów mineralnych [zł/ha]	1320	1320	1760	1480	1480	1800	1100	1100	1100	1320	1320	1470	1420	1200	
6	Koszt jednostkowy zbioru [zł/ha]	130	130	130	130	130	130	200	200	130	130	130	850	850	850	
7	Koszty pozostałe [zł/ha] (średnio)	70	70	70	85	85	85	40	40	40	40	40	55	55	55	
8	Suma kosztów jednostkowych	2 320	2420	2620	2715	2785	2795	2310	2190	1960	1910	2000	3955	3885	3535	
9	Suma kosztów [tys. zł]	928	968	1048	679	696	699	462	438	392	478	500	198	194	176	
10	Średni plon w 2012 r. [t/ha]	8,6	8,3	8,4	4,4	4,1	3,9	13,6	12,4	12,9	5,9	4,9	67	62	68	
11	Plon całkowity [t]	3440	3320	3360	1100	1025	975	2720	2480	2580	1475	1225	1300	3350	3100	3400
12	Cena jednostkowa plodów rolnych [zł/t]	960	960	960	1980	1980	1980	590	590	590	930	930	148	148	148	
13	Przychód jednostkowy [zł/ha]	8260	7970	8060	8720	8120	7720	8020	7320	7600	5487	4600	9916	9180	10065	
14	Przychód całkowity [tys. zł]	3304	3187	3226	2180	2023	1930	1604	1463	1522	1371	1139	496	459	503	
15	Zysk jednostkowy [zł/ha]	5940	5550	5440	6005	5335	4925	5710	5130	5640	3577	2600	5961	5295	6530	
Zyski po uwzględnieniu podatku i ubezpieczeń																
16	Podatek za rok 2012 [zł/ha]	186	186	186	186	186	186	186	186	186	186	186	186	186	186	
17	Ubezpieczenie [zł/ha]	90	90	90	200	200	200	140	140	140	90	90	50	50	50	
18	Razem	276	276	276	386	386	386	326	326	326	276	276	236	236	236	
19	Zysk jednostkowy [zł/ha]	5664	5274	5164	5619	4949	4539	5384	4804	5314	3301	2324	5680	5059	6294	
20	Zysk całkowity [tys. zł]	2266	2110	2066	1404	1238	1135	1077	961	1063	825	581	638	284	253	315
		T						B			ST					
21	Dochód gospodarstwa całkowity [zł]	5.856.000						5.143.000			5.217.000					

uproszczenia i wprowadzane innowacje w produkcji roślinnej nie wiązały się z większą efektywnością, nie zwiększyły znacząco całkowitego dochodu gospodarstwa. Zestawienie poszczególnych kosztów i zysków dla roślin uprawianych w poszczególnych technologiach potwierdziło, że pozyskiwanie produktu coraz lepszej jakości gwarantuje jedynie uprawa tradycyjna.

LITERATURA

- Białczak W., Cudzik A., Koryło S. 2008:** Ocena uproszczeń uprawowych w aspekcie ich energo- i czasochłonności oraz plonowania roślin. *Inżynieria Rolnicza* 4(102)/2008, 75–80.
- Blecharczyk A., Małecka I., Skrzypczak G. 2004:** Wpływ uproszczonej uprawy roli na plonowanie i zachwaszczenie kukurydzy oraz na właściwości gleby. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 3(1) 2004, 157–163.
- Burak K. 2013:** Analiza działań modernizacyjnych na przykładzie wybranego gospodarstwa. Praca magisterska. Maszynopis. Warszawa. SGGW. s. 104.
- Cudzik A., Białczyk W., Czarnecki J., Brennensthu M., Kaus A. 2012.:** Ocena systemów uprawy w aspekcie zużycia paliwa, plonowania roślin i właściwości gleby. *Inżynieria Rolnicza* 2012: Z. 2(137) T. 2, 17–27.
- Czarnocki Sz., Wielogórska G., Turska E. 2011:** Wpływ niektórych czynników na wiek ciągników i maszyn rolniczych w wybranych gospodarstwach śródkowoschodniej Polski. *Inżynieria Rolnicza* 9(134)/2011, 15–21.
- Czyż E.A. 2007:** Wybrane właściwości fizyczne gleb. *Wademekum Klasyfikatora Gleb., IUNG-PIB, Puławy*, 22–51, ISBN 978-83-89576-88-0.
- Idkowiak M., Kordas L. 2007:** Wpływ uprawy roli na nakłady energetyczne i plonowanie pszenżyta ozimego. *Fragm. Agron.* 24(3), 187–191.
- Kordas L. 2009:** Efektywność ekonomiczna różnych systemów uprawy roli w uprawie pszenicy ozimej po sobie. *Fragm. Agron.* 26(1)2009, 42–48.
- Kordas L. 1999:** Energochłonność i efektywność różnych systemów uprawy roli w zmianowaniu. *Folia Univ. Agric. Stetin., Agricultura* 74, 47–52.
- Kowalski J., Szelaż A. 2005:** Związki pomiędzy powierzchnią gospodarstw a wskaźnikami eksploatacyjno-ekonomicznymi parku maszynowego. *Inżynieria Rolnicza* 7/2005, 23-30.
- Lorencowicz E.:** Poradnik użytkownika techniki rolniczej w tabelach. Bydgoszcz: Wyd. APRA, 2007. ISBN: 83-914532-7-8.
- Malaga-Toboła U. 2007:** Kierunek produkcji a efektywność technicznej modernizacji gospodarstw rolniczych. *Inżynieria Rolnicza* 7(95)/2007, 129–136.
- Małecka I., Blecharczyk A., Sawinska Z., Piechota T., Waniorek B. 2012:** Plonowanie zbóż w zależności od sposobów uprawy roli. *Fragm. Agron.* 29(1) 2012, 114–123.
- Powalka M., Buliński J. 2006:** Wpływ wielokrotnych przejazdów ciągnika na odkształcenia gleby w strefie koleiny przejazdu. *Inżynieria Rolnicza* 4 (79), 111–119.
- Szelaż-Sikora A., 2012:** Regional differences in equipment of machinery park on farms. *TEKA. COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS IN AGRICULTURE – 2012, Vol. 12, No. 1:* 281–287
- Szelaż-Sikora A., Cupiał M., 2012:** Production and technical potential of farms united in the selected producer group. *TEKA. COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS IN AGRICULTURE – 2012, Vol. 12, 2:* 231–236
- Weber R., Podolska G. 2008:** Wpływ sposobu uprawy roli, terminu i gęstości siewu na plonowanie odmian pszenicy ozimej. *Inżynieria Rolnicza* 1(99)/2008, 395–400
- Włodek S., Biskupski A., Pabin J., Kaus A. 2007:** Plonowanie roślin oraz zmiany retencji wodnej gleby w różnych systemach uprawy roli. *Inżynieria Rolnicza* 3(91)/2007, 195–200
- Wójcicki Z. 2003:** Przemiany w rolnictwie i technice rolniczej oraz w zagospodarowaniu obszarów wiejskich. IBMER w Warszawie.
- Wójcicki Z. 2000:** Wyposażenie techniczne i nakłady materiałowo-energetyczne w rozwojowych gospodarstwach rolniczych. IBMER. Warszawa.

ANALYSIS OF MODERNIZATION THE FAMILY FARMS SPECIALIZING IN PLANT PRODUCTION

Summary. This paper presents an analysis of the machinery equipment the family farm oriented on crop production. The examined farm an area of 1150 ha. was situated in the kujawsko – pomorski region in Poland. As an alternative technologies to traditional technology used on the farm were taken into account conservation tillage and crop belt. These technologies have been analyzed in terms of economic, by comparing the costs and the profits obtained in the production of various crops grown on the farm. The study was conducted in the form of a directed interview. The analysis showed that removal of plow cultivation to alternative technologies not substantially increase household income and do not allow for a quick return on expenditures incurred for the purchase of machinery and equipment necessary for simplification in the field.

Key words: farm machinery, crop production, traditional cultivation, conservation tillage, crop belt.

Анализ неопределенности и неуверенности при оценке риска по разработке и внедрению интегрированных систем управления

Мортеза Раджаб-Заде¹, Вильям Залога¹, Наталия Сущенко¹, Виктор Гогунский²

¹ Сумский государственный университет
40007, г. Сумы, ул. Римського-Корсакова, 2

² Одесский национальный политехнический университет
65044, г. Одесса, Пр. Шевченко, 1

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию проблем, связанных с неопределенностью и неуверенностью при оценке риска, который может иметь место при разработке и внедрении интегрированной системы управления (ИСУ). В результате проведенных исследований разработана классификация видов неопределенности и неуверенности при оценке риска ИСУ, а также предложены рекомендации по методам преодоления проблем, связанных с неопределенностями и неуверенностями, возникающими при разработке и внедрении ИСУ, путем более точной оценки риска.

Ключевые слова: интегрированные системы управления, неопределенность, неуверенность, риск, классификация, методы преодоления.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, вопрос повышения конкурентоспособности предприятий и увеличение ими объемов сбыта продукции и оказания услуг на международных рынках в значительной мере обуславливается удовлетворением быстроизменяющихся потребностей и требований заказчиков в различных направлениях, например, в таких как: обеспечение качества продукции (услуг) и их безопасности, в т.ч. и для окружающей среды, социальной ответственности и т.п. Именно выполнение такого рода требований, как правило, и обуславливает получение организацией соответствующих сертификатов на соответствие ее продукции (услуг) общепринятым моделям систем управления на международном уровне, например, ISO 9001, OHSAS 18001, ISO 14001 и SA 8000, и доказывающих обязательство и настойчивость организации в удовлетворении тех или иных требований и потребностей заказчиков.

Следует отметить, что одновременная реализация нескольких различных стандартов в организации,

благодаря наличию в них идентичных и аналогичных требований, может сопровождаться выполнением параллельных работ и, в результате, не только потерей различных ресурсов организации (человеческих, финансовых, временных, и т.д.), но и возникновением различного рода сложностей и путаницы в организации, наличие которых сопровождается уменьшением результативности и эффективности, ожидаемых от процесса использования указанных систем, а также приводит к невозможности полного удовлетворения потребностей всех заинтересованных сторон. Для предупреждения и устранения таких проблем целесообразным решением является разработка и внедрение в организации ИСУ в соответствии с требованиями всех одновременно используемых в ней стандартов. Вместе с тем, в процессе разработки и внедрения ИСУ, предназначенной для обеспечения наибольшей гибкости в управлении с целью достижения максимальной эффективности производственных процессов, организация, как правило, сталкивается с проблемами и препятствиями, часто называемыми *неопределенностями*, которые существенно затрудняют, а в некоторых случаях и делают невозможным, достижение первично сформулированной цели, т.е. могут приводить к возникновению такого явления, как риск. Международная Организация по Стандартизации (ISO) дала следующее определение этому понятию: риск – влияние неопределенностей на достижение целей организации [1]. Таким образом, прежде чем принять окончательное решение о разработке и внедрении ИСУ, руководство организации должно оценить вероятность возникновения риска и степень его влияния на возможное невыполнение организацией своих обязательств по удовлетворению требований и потребностей всех заинтересованных сторон.

Предложенные разными авторами методы [2–6 и др.] для преодоления неопределенности в процессе

оценки риска, ставили специалистов данной области перед другой проблемой, так называемой, «неуверенностью». Таким образом, в настоящее время исследование и анализ сущности проблем, связанных с «неопределенностью» и «неуверенностью», а также поиск подходов к их определению, оценке и преодолению в процессе разработки и внедрения ИСУ, можно считать задачей необходимой и актуальной.

К одним из наиболее известных научных работ, в которых представлены результаты исследований, проведенных в области изучения и анализа видов *неопределенности* и *неуверенности* в процессе оценки степеней рисков, характерных для разных видов деятельности организаций, и разработки рекомендаций по их устранению, по нашему мнению, можно отнести работы [1, 7–9]. Вместе с тем, в данных работах остались практически нерешенными вопросы, связанные с определением тех этапов процесса оценки риска, на которых возникают проблемы неопределенности и неуверенности, а, следовательно, и разработки рекомендаций по выбору методов для их преодоления. Кроме того, как в указанных, так и во многих других работах не рассмотрены многие существенные аспекты самих понятий «неопределенность» и «неуверенность». Анализ многих литературных источников показал также и практически полное отсутствие в них информации об учете неопределенности и неуверенности при оценке риска, который может иметь место при разработке и внедрении ИСУ.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целями данной работы являются:

- 1) анализ исследований по использованию понятий «неопределенность» и «неуверенность» при оценке риска по разработке и внедрению ИСУ;
- 2) классификация видов неопределенностей и неуверенностей при оценке риска по разработке и внедрению ИСУ;
- 3) разработка рекомендаций по преодолению проблем неопределенностей и неуверенностей при оценке риска по разработке и внедрению ИСУ.

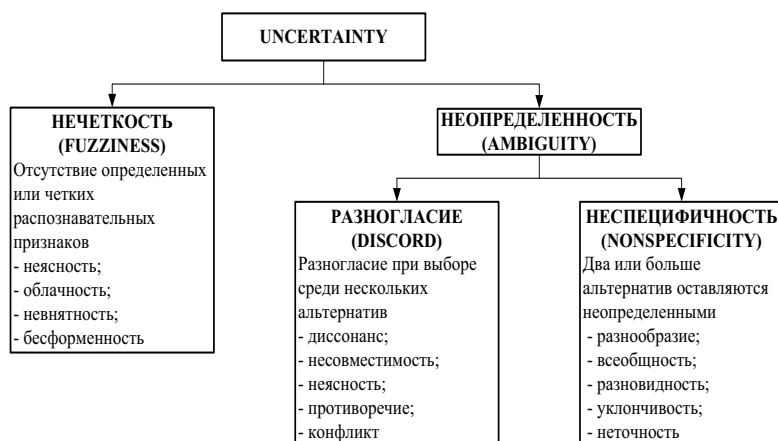


Рис. 1. Основные виды понятия «uncertainty» [7]

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

1. АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОНЯТИЙ «НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ» И «НЕУВЕРЕННОСТЬ» ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКА

В Табл. 1 и 2 представлены основные характеристики различных подходов к понятиям «неопределенность» и «неуверенность» при оценке риска. На основе приведенной в данных таблицах информации, представленной разными авторами, эти понятия можно классифицировать по критериям:

- *вид неопределенности / неуверенности*: характеризует категорию неопределенности / неуверенности, с которой автор столкнулся;
- *источник неопределенности / неуверенности*: характеризует источник (*причину*) возникновения неопределенности / неуверенности;
- *этап оценки риска*: характеризует этап оценки риска, на котором обнаружена неопределенность / неуверенность;
- *тип данных*: характеризует вид оценки обнаруженной неопределенности / неуверенности – количественная или качественная;
- *предложенный метод преодоления*: характеризует рекомендации автора для устранения обнаруженной неопределенности / неуверенности.

Рассмотрим характерные подходы к анализу понятий «неопределенность» и «неуверенность» при оценке риска на примере двух литературных источников: [7] и [9].

Пример 1. Автор работы [7] показал, что в тех случаях, когда при оценке риска существуют субъективные качественные данные, для повышения эффективности процесса оценки риска необходимым является их преобразование в количественные. При этом, в процессе преобразования качественных данных в количественные может возникнуть *неуверенность*, приводящая к определенной несовместимости между ними. Автор утверждает, что в данной ситуации преодолеть данную проблему позволяет применение метода АНР (Analytical Hierarchy Process). С другой

стороны, при оценке риска можно «столкнуться» со случайными данными. Автор утверждает, что преодолеть проблему случайности данных можно с помощью метода симуляции Монте-Карло. Кроме того, автор данной работы указывает на то, что одним из источников риска является такое понятие, как «uncertainty». Он отмечает, что есть два типа понятия «uncertainty» (Рис. 1): нечеткость (fuzziness) и неопределенность (ambiguity).

Таблица 1 – Основные характеристики различных подходов к понятию неопределенности при оценке риска

Источник	Вид неопределенности	Источник неопределенности (с чем связана неопределенность)	Этап оценки риска	Тип данных	Предложенный метод преодоления
[1]	Неопределенность данных	Недоступность или неадекватность исторических данных о частоте возникновения событий в прошлом	Анализ риска	Количественный	1. Прогнозирующие методы, такие как метод дерева отказов (FTA) и метод построения дерева событий (ETA). Методы симуляции. 2. Экспертное суждение
	Неточность	Определение изменений или неточности в результатах, полученных из коллективной оценки отклонений в параметрах и предположениях, использованных для определения результатов анализа риска	Анализ риска	Количественный	-----
	Неопределенность данных	Качество, количество, целостность и доступность доступной необходимой информации о риске	Идентификация; анализ риска	-----	
		Доступные данные не всегда обеспечивают надежную основу для предсказания будущего, т.е. отсутствуют надежные данные для оценки риска	Идентификация; анализ риска	-----	
		Различные интерпретации доступных данных различными заинтересованными сторонами	Идентификация; анализ риска	-----	
Неопределенность модели/метода	Методы сбора данных: - возможно, изменяются пути, через которые организации используют такие методы; - возможно организация вообще не имеет результативных метода и условий для сбора на месте данных об идентифицированном риске	Идентификация	-----		
	Эпистемическая неопределенность	Отсутствие знания о системе	Анализ риска	-----	Экспертное суждение
[2-5]	Случайная неопределенность	Случайность системы	Анализ риска	-----	Экспертное суждение
[6]	Неопределенность данных	Отсутствие достаточных данных об отказе	Анализ риска	-----	-----
[7]	Неопределенность данных	- Случайность данных при оценке риска. - Разногласие при выборе нескольких альтернативных данных, т.е.:	Анализ риска	Количественный	Метод Монте-Карло
		1 диссонанс; 2 несовместимость; 3 неясность; 4 противоречие; 5 конфликт	-----	-----	-----
		- Неопределенность - Два или больше альтернатив останутся неопределенными, т.е.:	-----	-----	-----
		1 разнообразие; 2 всеобщность; 3 разнovidность; 4 уклончивость; 5 неточность	-----	-----	-----

Источ-ник	Вид неопределенно-сти	Источник неопределенности (с чем связана неопределенность)	Этап оценки риска	Тип данных	Предложенный метод преодо-ления
[8]	Эндогенная неопределенность	Эндогенная неопределенность является результатом природы внутренней среды (уровень проекта и уровень организации)	Анализ риска	----	----
	Экзогенная неопределенность	Неопределенность уровня промышленности происходит прежде всего из технологической инновации и изменений в относительных ценах входов и выходов Неопределенность уровня конкуренции происходит, когда действия конкурентов не могут быть предсказаны и поэтому могут вызвать непредвиденные последствия Неопределенность уровня внешней среды является результатом перспек-тивы политической, макро-экономической, социальной, естественной, финансовой и валютной изменчивостей и часто представляется термином странового риска	Анализ риска Анализ риска	----	Методы анализа странового риска в финансовом секторе
[9]	Субъективная неопре-деленность	При обладании инвестором неполной информацией, т.е. недостаточной информацией как статистического, так и лингвистического плана	Анализ риска	Количественные и качественные	Нечеткая логика
	Объективная неопре-деленность	При обладании инвестором полной информацией, т.е. достаточной инфор-мацией как статистического, так и лингвистического плана	Анализ риска	Количественные и качественные	Статистические методы (закон распределения вероятностей)
[10]	Неопределенность данных	Отсутствие статистических данных о неблагоприятных событиях	Идентификация; анализ риска	Количественные и качественные	Теоретический анализ струк-туры причинно-следственных связей процессов
[11]	Двусмысленность	Двусмысленность при определении вероятности и последствия события	Анализ риска	Количественный	Экспертное суждение
[12]	Неточность	Низкая точность оценки VAR (количественная оценка рыночного риска в виде единственного параметра – VAR) для инструментов с нелинейными ценовыми характеристиками	Анализ риска	Количественный	----
[13]	Неопределенность данных	Неопределенность в природе строительных проектов	Идентификация	Качественный	ANP (Analytic Network Process) инструмент
[14]	Неопределенность данных	Проблема неопределенности исходной информации количественных методов оценки зачастую ставит под сомнение значимость полученных расчетов, особенно в вопросе применения критериев приемлемого риска	Анализ риска	Количественный	----
	Измеряемая неопреде-ленность	Это неопределенность, степень которой или вероятность наступления буду-щих событий может быть количественно установлена	Анализ риска	Количественный	----
[15]	Неизмеряемая неопре-деленность	Это неопределенность, определение количественно вероятности наступле-ния будущих событий невозможно	Анализ риска	Качественный	----
	Субъективная неопре-деленность	Неопределенность ситуации или обстоятельств Неопределенность принятия решения	----	----	----

Источник	Вид неопределенности	Источник неопределенности (с чем связана неопределенность)	Этап оценки риска	Тип данных	Предложенный метод преодоления
[16]	Неточность	Точность полученных результатов анализа риска	Анализ риска	Количественный	-----
	Неопределенность результатов	Неопределенность полученных результатов анализа риска	Анализ риска	Количественный	-----
	Неопределенность данных	Отсутствие статистических данных о несчастных случаях, небольшое их количество или низкая степень серьезности несчастных случаев	Анализ риска	Количественный	-----
		Отсутствие данных	-----	Качественный	Прогнозирование по методу Дельфы
		Неполнота информации по надежности оборудования и человеческим ошибкам, принимаемые предположения и допущения используемых моделей аварийного процесса	Анализ риска	Количественный	-----

Таблица 2. Основные характеристики различных подходов к понятию неувверенности при оценке риска

Источник	Вид неувверенности	Источник неувверенности (с чем связана неувверенность)	Этап оценки риска	Тип данных	Предложенный метод преодоления
[6]	Неувверенность данных	Сложность документации уверенности пользователя метода дерева отказов (FTA)	Анализ риска	Количественный	Нечеткая логика
		Неувверенность при определении количественного размера рисков	Анализ риска	Количественный	Нечеткая логика
	Нечеткость данных	Человеческая неувверенность в понимании природы событий	Анализ риска	-----	Нечеткая логика
		Нечеткость измерения интенсивности событий	Анализ риска	-----	Нечеткая логика
[7]	Неувверенность данных	Неувверенность при преобразовании качественных данных в количественные данные	Анализ риска	Качественный	Метод ANP (Analytical Hierarchy Process)
	Нечеткость данных	Отсутствие определенных или четких распознавательных признаков:	-----	-----	-----
		1 неясность;	-----	-----	-----
		2 облачность;	-----	-----	-----
[11]	Неточность данных	Нечеткость человеческого мышления	Анализ риска	Качественный	Нечеткая логика
	Субъективность данных	Субъективность мышления экспертов	Анализ риска	Качественный	Нечеткая логика
[13]	Неувверенность данных	Неувверенность лингвистического значения	Анализ риска; оценивание риска	Качественный	Нечеткая логика
	Неувверенность данных	Неувверенность результатов оценки риска	Анализ риска	Количественный	Нечеткая логика
[17-18]	Неточность данных	Неточно определенные переменные функции вероятности наступления события, основанные на экспертном суждении	Анализ риска	Количественный	Нечеткая логика
	Нечеткость данных	Нечетко определенные переменные функции вероятности наступления события, основанные на экспертном суждении	Анализ риска	Количественный	Нечеткая логика
[19]	Неточность данных	Отсутствие точной количественной информации	Анализ риска	Количественный	Нечеткая логика
[20]	Неувверенность данных	Субъективность заключений экспертов в качественных методах оценки странового риска	Анализ риска	Качественный	-----

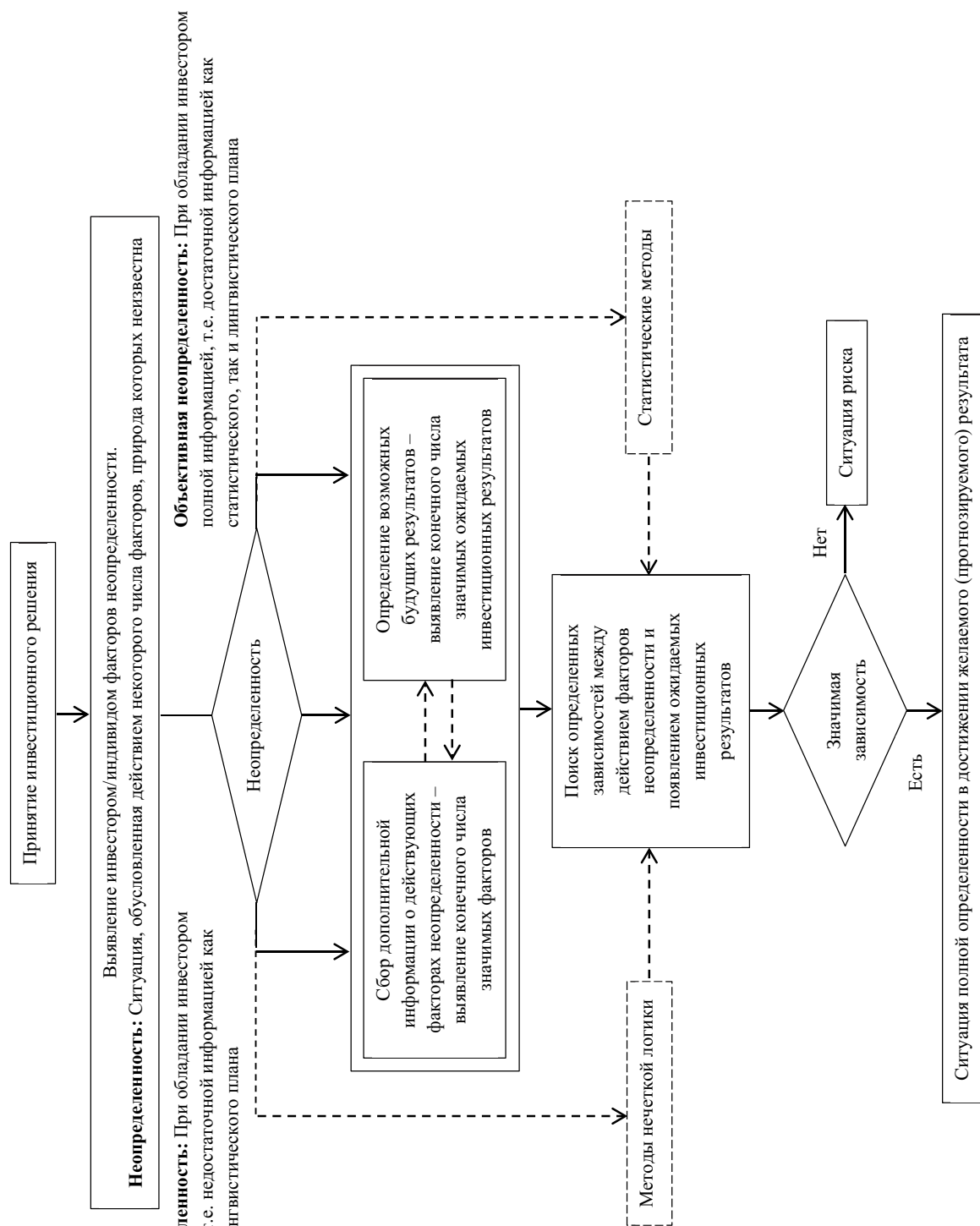


Рис. 2. Алгоритм идентификации рисков ситуации

Пример 2. В работе [9], при определении понятия «неопределенность» как ситуации, которая обусловлена действием некоторого числа факторов, природа которых неизвестна, анализируются экономические категории неопределенности и риска как неотъемлемые элементы инвестиционного процесса. В соответствии с данной работой существуют два вида неопределенностей: субъективная и объективная неопределенности. Итог данной работы наглядно можно рассмотреть на Рис. 2.

В общем случае результаты анализа литературных источников, которые представлены в Табл. 1, показывают, что:

1. в каждой статье авторы анализируют концепцию «неопределенности» при оценке риска с различными условиями, оценивая, как правило, один или несколько видов неопределенности. Анализ показывает, что часть работ, например, [7–9], посвящены комплексному изучению специфических особенностей различных видов неопределенностей, а некоторые, например, [1–6, 10–15], посвящены изучению только тех видов неопределенностей, с которыми тот или иной автор столкнулся при оценке риска, т.е. в каждой из этих работ, чаще всего, рассматривается только тот вид неопределенности, которого в других работах чаще всего нет. Например, в работе [1] упомянуты неопределенности моделей и методов оценки риска, информация о которых в других работах отсутствует, а в работе [11] рассмотрено понятие «двусмысленность» (как один из видов неопределенности), которая не была упомянута ни в каких других работах;
2. в подавляющем большинстве проанализированных работ отсутствует информация о том, на каком (каких) этапе (этапах) процесса оценки риска возникает проблема неопределенности;
3. во многих работах, например, [1–8, 15], отсутствует информация о типе данных: является ли оценка обнаруженной неопределенности количественной или качественной;
4. во многих работах, например, [6, 12, 14–15 и др.], отсутствует информация о пути (путях) преодоления обнаруженной неопределенности, т.е. не указаны практические пути для решения данной проблемы.

Результаты проведенного анализа литературных источников, которые представлены в Табл. 2, показывают, что:

1. авторы подавляющего большинства работ хоть и уделяют относительно много внимания видам «неуверенности данных», «нечеткости данных» и «неточности данных», но при этом практически не рассматривают такой параметр, как «субъективность данных». Кроме того, в каждой из проанализированных работ рассматривается, как правило, один (максимум два) вид неуверенности, т.е. только тот вид, с которым автор столкнулся (возможно, совсем случайно) при оценке риска, что свидетельствует об отсутствии комплексности и системности в выяв-

лении, представлении и изучении различных видов неуверенности;

2. практически во всех (кроме работы [7]) проанализированных работах не определяются те этапы оценки риска, на которых имеют место различные виды неуверенности;
3. практически во всех (кроме работ [6 и 7]) проанализированных работах не определяется вид данных: количественные или качественные;
4. практически только в работах [7 и 20] рассмотрены конкретные методы для устранения проблемы «неуверенности данных».

Таким образом, анализ Табл. 1 и 2 свидетельствует о некоторой неадекватности целого ряда исследований, выполненных различными авторами в области выявления и характеристики различных видов неопределенности и неуверенности, а также определения этапа оценки риска, на которых они имеют место, установления вида данных (количественные или качественные) и указания методов преодоления указанных проблем, что может негативно влиять на эффективность и точность оценки риска, особенно когда речь идет об оценке риска при разработке и внедрении ИСУ.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ И НЕУВЕРЕННОСТЕЙ ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКА ИСУ

На основе проведенных в области неопределенности и неуверенности исследований авторами разработана модель классификации видов неопределенности и неуверенности, которую можно использовать для оценки риска при разработке и внедрении ИСУ (Рис. 3).

Согласно предложенной концепции (модели), «неопределенность» разбивается на две группы («неопределенность данных» и «неопределенность методов»), а «неуверенности» на 6 групп («нечеткость данных», «субъективность данных», «сомнительность данных», «спорность данных», «неточность данных», а также «недоверенность данных»). Кроме того, «неопределенность данных» дополнительно группируется по таким показателям, как: «количество данных», «качество данных» и «целостность данных».

Предложенная классификация является хорошим инструментом для объективного понимания концепций «неопределенности» и «неуверенности», а также является полезной при диагностике их возникновения в процессе оценки риска и принятия решения для их устранения с целью получения более точных результатов.

3. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПРЕОДОЛЕНИЮ ПРОБЛЕМ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И НЕУВЕРЕННОСТИ ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКА ИСУ

На основе анализа данных Табл. 1 и 2, а также изучения других литературных источников [21–24 и др.] предложены методы (Табл. 3) для преодоления проблем неопределенности и неуверенности в процессе оценки риска при разработке и внедрении ИСУ.

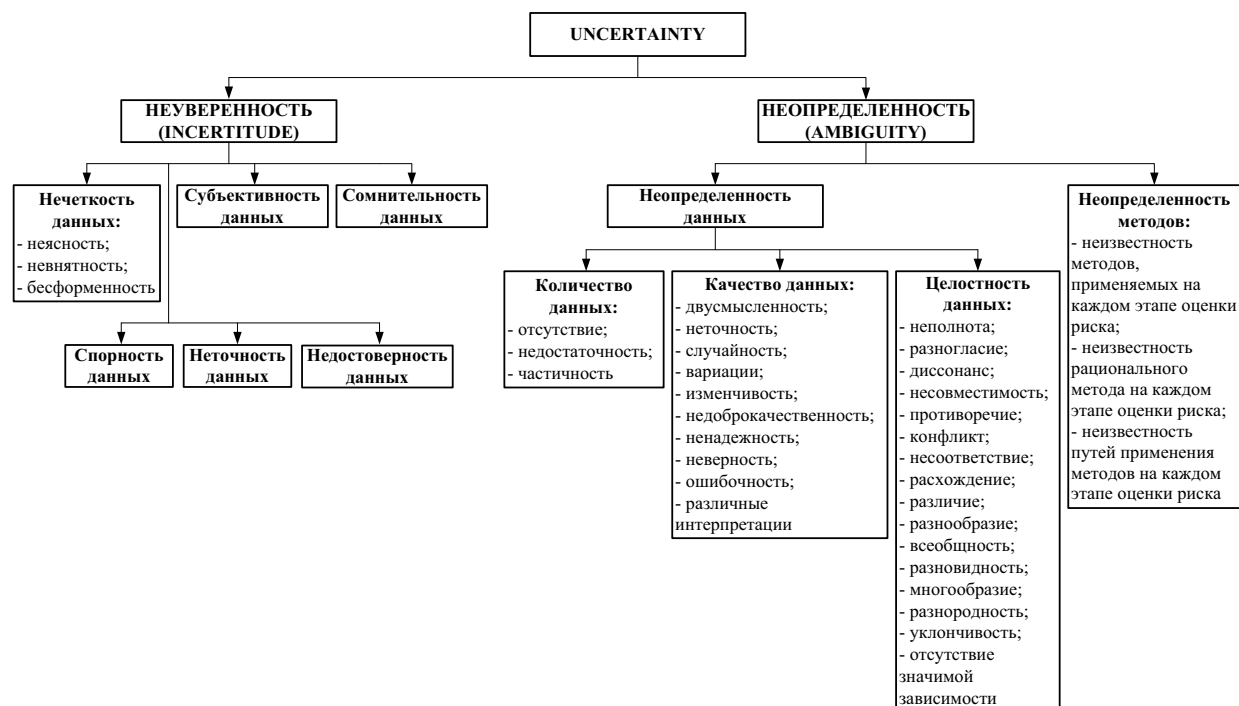


Рис. 3. Классификация видов неопределенности и неуверенности при оценке риска ИСУ

Таблица 3 – Методы преодоления проблемы неопределенности и неуверенности

Методы преодоления проблемы неопределенности:			
Методы для идентификации риска	Методы для анализа и оценивания риска	Методы экспертного суждения	Метод интерполирования
1. Структурные диаграммы [10]; 2. Анализ финансовой и управленческой отчетности [10]; 3. Опросные листы [10, 25–27]; 4. Рабочие группы по оценке рисков [25–26, 28]; 5. SWOT анализ [7, 25–26, 29]; 6. PESTLE анализ [25–26, 30]; 7. Мозговой штурм [1, 25–26]; 8. Структурированные или полуструктурированные интервью [1]; 9. Проверочные листы [1, 16, 26]; 10. Предварительный анализ опасности (РНА) [1, 16]; 11. Анализ причины и следствия [1]	1. Метод FMEA [1, 16, 25–26]; 2. Метод дерева отказов (FTA) [1, 10, 16, 25]; 3. Метод построения дерева событий (ETA) [1, 10, 16, 25]; 4. Анализ влияния человеческого фактора (HRA) [1, 16]; 5. Метод Монте-Карло [1, 16]; 6. Метод индексов опасности [1, 10, 16]; 7. Интегральная оценка риска [10]; 8. Анализ причины и последствия [1]; 9. Метод LOPA [1]; 10. Метод ВТА [1]; 11. Bayesian статистика и Bayes Сети [1]; 12. Анализ дерева решения [1]; 13. FN кривые [1]; 14. Статистические методы [9]; 15. Нечеткая логика [9]	1. экспресс-метод [21]; 2. метод парного сравнения [21–24]; 3. метод оценивания за баллами [21]; 4. метод ранжирования [21, 23–24]; 5. метод медиан [21]; 6. непосредственная оценка [23]; 7. метод задания весовых коэффициентов [24]; 8. метод последовательных сравнений [24]; 9. метод ассоциаций [22]; 10. метод векторов предпочтений [22]; 11. метод фокальных объектов [22]; 12. индивидуальный экспертный опрос [22]; 13. метод средней точки [22]; 14. метод Дельфы [1, 16, 31]	отыскание промежуточных значений величины по некоторым известным ее значениям. Например, отыскание значений функции $f(x)$ в точках x , лежащих между точками x_0
Методы преодоления проблемы неуверенности: 1. Нечеткий метод дерева отказов (FTA) [6]; 2. Методология нечеткой логики [11, 17–18, 32]; 3. ANP-базовый метод Монте-Карло [7]			

Все методы преодоления «неопределенности» предложено классифицировать на 4 группы:

1. методы идентификации риска, включая 11 метод;
2. методы анализа и оценивания риска, включая 15 метод;
3. методы экспертного суждения, включая 14 метод;

4. метод интерполирования.

Для преодоления проблемы неуверенности предложено использовать 3 метода (табл. 3).

Данные методы могут быть использованы отдельно или комбинированно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Анализ предложенной модели Рис. 3 показывает, что понятие неопределенности в контексте оценки риска включает в себя 2 вида «неопределенность данных» и «неопределенность методов».

«Неопределенность данных», связана со следующими показателями:

- количество данных, включая: отсутствие, недостаточность, а также частичность данных;
- качество данных, включая: двусмысленность, неточность, случайность, вариации, изменчивость, недоброкачественность, ненадежность, неверность, ошибочность данных, а также различные интерпретации данных;
- целостность данных, включая: неполнота, разногласие, диссонанс, несовместимость, противоречие, конфликт, несоответствие, расхождение, различие, разнообразие, всеобщность, разновидность, многообразие, разнородность, уклончивость данных, а также отсутствие значимой зависимости данных.

«Неопределенность методов» связана, как правило, с неизвестностью:

- методов, применяемых на каждом этапе оценки риска;
- рационального метода на каждом этапе оценки риска;
- путей применения методов на каждом этапе оценки риска.

В принципе, понятие «неуверенность» в контексте оценки риска определяется, как правило, неуверенностью данных, связанных с субъективным «суждением» эксперта (экспертов). В то же время, анализ Рис. 3 показывает, что понятие неуверенности в контексте оценки риска включает в себя 6 видов данных неуверенности: нечеткость, субъективность, сомнительность, спорность, неточность и недостоверность данных.

В соответствии со схемой, представленной на Рис. 4, входы (выявленные «неопределенности» и «неуверенности») в процессе оценки риска обрабатываются и преобразуются в выходы (результаты).

Известно, что в общем случае процесс оценки риска состоит из трех подпроцессов: идентификация риска, анализ риска и оценивание риска [1]. На Рис. 4 показано, что в структуре процесса оценки риска существуют три вида неопределенности: 1) неопределенность входных данных; 2) неопределенность методов обработки данных (оценки риска); 3) неопределенность выходных данных (результатов). Анализ литературных источников (см. табл. 1), показывает, что эти же виды неопределенности существуют на всех указанных этапах оценки риска.

Анализ показал также, что на этапах идентификации, анализа и оценивания риска могут иметь место как неуверенность, так и неопределенность выходных данных (результатов) (Рис. 4).

В разработанной концепции преодоления проблем, связанных с неопределенностью и неуверенностью при оценке риска ИСУ (табл. 3) на этапах идентификации, анализа и оценивания риска предложены специфические методы.

Кроме того, для преодоления проблемы неопределенности могут быть использованы методы экспертного суждения и метод интерполирования. При этом, если в зависимости от конкретной ситуации методы экспертного суждения можно использовать практически на любом этапе оценки риска, а метод интерполирования рекомендуется использовать только на этапе анализа и оценивания риска.

Для преодоления проблемы неуверенности, в конце табл. 3 предложены несколько методов, которые базируются на концепции нечеткой логики. Эти методы можно использовать индивидуально или комбинированно с другими методами.

Анализ Рис. 3 показывает, что понятие «неточность» использовалось одновременно для определения понятия «неопределенность» и для понятия «неуверенность». Надо отметить, что неточность в контексте неопределенности возникает в результате математического рас-



Рис. 4. Процесс преобразования входных данных в выходные в процессе оценки риска

чета значения оценки риска, а неточность в контексте неуверенности возникает в результате человеческого суждения при оценке риска, преодоление которых проводится с помощью предложенных методов, представленных в табл. 3.

В то же время, анализ показывает, что англоязычной трактовке понятия «неопределенность» и «неуверенность» звучат одинаково – «Uncertainty». Таким образом, можно принять, что понятие «Uncertainty» включает в себя два аспекта – неопределенность и неуверенность.

Данное исследование является более расширенным в изучении вопросов «неопределенности» и «неуверенности» при оценке риска ИСУ. Например, в международном стандарте ISO 31010:2009 [1] в качестве фундаментальной работы в сфере изучения и представления различных методов оценки риска, слово «uncertainty» рассматривается только в аспекте «неопределенность», а аспект «неуверенность» вообще не рассматривается. Тем не менее, аспект «неуверенность» весьма удобно и эффективно использовать на практике для выбора метода преодоления данной проблемы, с учетом конкретной классификации как «неопределенности», так «неуверенности» при оценке риска, на тех этапах, на которых они обнаруживаются. Полученные результаты на уровне классификации видов неопределенности и неуверенности и этапы, на которых обнаруживаются данные проблемы, можно использовать при оценке риска для любого вида деятельности. В конечном итоге, эффективное применение результатов данного исследования влияет на повышение точности оценки риска.

ВЫВОДЫ

1. Анализ исследований по выявлению и представлению видов «неопределенности» и «неуверенности» при оценке риска показал неадекватность многих исследований, проведенных различными авторами.
2. Предложена классификация видов неопределенности и неуверенности при оценке риска, которая является хорошим инструментом для объективного понимания концепций понятий «неопределенность» и «неуверенность» и диагностики их наличия при оценке риска ИСУ, а, следовательно, принятия решения для их преодоления с целью получения относительно точного значения риска.
3. Отображен процесс оценки риска в условиях неопределенности и неуверенности, которая конкретно показывает, на каких этапах оценки риска, возможно, возникает неопределенность и неуверенность.
4. Предложены рекомендации по методам преодоления проблем неопределенности и неуверенности, которые можно использовать индивидуально или комбинированно с другими методами оценки риска при разработке и внедрении ИСУ.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Risk management – Risk assessment techniques : IEC/ISO 31010:2009. – [Действующий от 2009-11-01]. – 90
2. Jason R. W. M. The Prince William Sound risk assessment / R. W. M. Jason, J.R. V. Dorp, T. Mazzuchi, J. R. Harrald, J. E. Spahn, M. Grabowski // *Interfaces*. 2002. – 1–16.
3. Prince William Sound risk assessment overview / M. Grabowski [и др.]. – М., 2005. – 32 p. – Деп. в Le Moyne College 30.06.2005, № #810.05.01.
4. Harrald J. R. Prince William Sound risk assessment: system risk analysis by simulation and expert judgment / J. R. Harrald, T. A. Mazzuchi, J. Merrick, J. Spahn, R. V. Dorp, M. Grabowski // *Risk management in the marine transportation system*. – 2000. – 65–72.
5. Harrald J. R. System simulation: a risk management tool for Prince William Sound / J. R. Harrald, T. A. Mazzuchi, J. Merrick, J. Spahn, R. V. Dorp // *International oil spill conference*. – 1997. – 545–550.
6. Nawar G. Managing occupational health and safety using dynamic learning systems / G. Nawar // *1 st international conference on systems thinking in management*. – 2000. – 481–486.
7. Emblemsvag J. Augmenting the risk management process / J. Emblemsvag // *Risk management trends*. – 2010. – 26.
8. Franck C. J. Business risk management / C. J. Franck // *Atlantic international university*. – AIU. – 2008. – 27.
9. Милосердов А. А. Анализ рисков инвестиционно-финансовой деятельности: принципы классификации и построения моделей / А. А. Милосердов, Е. Б. Герасимова. – М. : Изд-во тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – 80.
10. Хохлов Н. В. Управление риском: Учеб. пособие / Н. В. Хохлов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 239 с.
11. Pokoradi L. Fuzzy logic-based risk assessment / L. Pokoradi // *AARMA*. – 2002. – Vol. 1, Issue 1. – 63–73.
12. Милосердов А. А. Рыночные риски: формализация, моделирование, оценка качества моделей / А. А. Милосердов, Е. Б. Герасимова. – М. : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. – 116 с.
13. Peng Y. Assessing safety risks on construction projects using fuzzy analytic network process (ANP): a proposed model / Y. Peng, P. X. W. Zou, J. Hinze. – 2008. – 599–610.
14. Лисанов М. В. Применение методов анализа опасностей HAZID и HAZOP при проектировании газотранспортного терминала / М. В. Лисанов, В. В. Симакин, А. И. Макушенко, П. И. Дворниченко, А. В. Еремеев-Райхерт // *Безопасность труда в промышленности*. – 2008. – № 8. – С. 1–10.
15. Гримашевич О. Н. Значение стратегического подхода к управлению рисками промышленного предприятия / О. Н. Гримашевич // *Современная экономика: проблемы и решения*. – 2010. – № 12. – С. 94–104.
16. Проведение научно-технического анализа методов оценки риска причинения вреда от машин и оборудования и разработка на его основе рекомендаций

- по оценке риска при разработке стандартов и технических регламентов на машины и оборудование / Ж. Н. Буденная [и др.]. – М., 2004. – 142 с. – Деп. в ВНИИНМАШ 02.11.2004, № 122 08-48.
17. Narendra M. Risk assessment is fuzzy business – Fuzzy logic provides the way to assess off-site risk from industrial installations / M. Narendra // Risk. – 2004. – 8.
 18. Фиринова Е. Применение нечеткой логики для анализа рисков инвестиционных проектов : курсовая работа / Е. Фиринова. – Государственный университет ВШЭ, Москва. – 2007. – 25 с.
 19. Филичева Т. А. Применение метода анализа рисков на основе когнитивного моделирования как способ оценки рисков снижения качества профессиональной подготовки государственных служащих / Т. А. Филичева. – 2010. – 10 с.
 20. Сусанов Д. Методы измерения странового риска [Электронный ресурс] / Д. Сусанов. – Режим доступа: www.old.rcb.ru/Archive/articles.asp?id=203Cached/ – 04.04.2011 г.
 21. Лагута Г. Г. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Кваліметрія та управління якістю» / Г. Г. Лагута. – Вид-во СумДУ, Суми, 2003. – 26 с.
 22. Экспертное оценивание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Экспертное_оценивание/ – 01.10.2012 г.
 23. Экономико-математические методы. Методы экспертных оценок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://emm.ostu.ru/lect/lect7.html/> – 01.10.2012 г.
 24. Методы экспертных оценок. Основы экономического прогнозирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rae.ru/monographs/10-166/> – 01.10.2012 г.
 25. A risk management standard : IRM:2002. – Published by AIRMIC, ALARM. – 20 p.
 26. A structured approach to enterprise risk management (ERM) and the requirements of ISO 31000. – Published by AIRMIC, ALARM, 2009. – 20.
 27. Questionnaires: advantages and disadvantages [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.icbl.hw.ac.uk/ltidi/cookbook/inf_questionnaires/index.html/ – 27.09.2012 г.
 28. What are the advantages and disadvantages of workshops [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://wiki.answers.com/Q/What_are_the_advantages_and_disadvantages_of_workshops/ – 27.09.2012 г.
 29. SWOT-анализ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.e-xecutive.ru/wiki/index.php/SWOT-анализ/> – 26.09.2012 г.
 30. PESTLE analysis & the weaknesses [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://uk.answers.yahoo.com/question/index?qid=20090512073301AA9ZGie/> – 26.09.2012 г.
 31. Дружинин Е. А. Методологические основы риск-ориентированного подхода к управлению ресурсами проектов и программ развития техники: дис. ... доктора тех. наук : 05.13.22 / Дружинин Евгений Анатольевич. – Х., 2006. – 403 с.
 32. Fuzzy logic and its advantages [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.electronicsforu.com/efylinux/efyhome/cover/additions/fuzzy.htm/> – 28.09.2012 г.

AMBIGUITY AND INCERTITUDE ANALYSIS
IN RISK ASSESSMENT WHEN DEVELOPMENT
AND IMPLEMENTATION OF INTEGRATED
MANAGEMENT SYSTEMS

Summary. This paper is devoted to research of the problems associated with ambiguity and incertitude in the risk assessment, which may take place in developing and implementing an integrated management system (IMS). In the result of conducted researches was developed a classification of types of ambiguity and incertitude in the risk assessment of IMS, and were offered the recommendations on how to overcome the problems associated with ambiguity and incertitude arise when developing and implementing IMS, through more accurate risk assessment.

Key words: Integrated management systems, ambiguity, incertitude, risk, classification, methods of overcoming.

Stanowisko do badań procesu cięcia roślin energetycznych

Henryk Rode, Paweł Witkowski

Politechnika Warszawska, Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii, Instytut Inżynierii Mechanicznej,
Zakład Inżynierii Systemów Mechanicznych i Automatykacji
Adres: ul. Jachowicza 2, 09-400 Płock, Polska, e-mail: hrode@pw.plock.pl

Streszczenie. W pracy zaprezentowano koncepcyjne rozwiązanie mobilnego stanowiska do badań procesu cięcia bezwładnościowego roślin energetycznych oraz przedstawiono jego możliwości badawcze. Omówiono budowę, zasadę funkcjonowania oraz sposób prowadzenia badań na stanowisku.

Słowa kluczowe: ciągnik rolniczy, kosiarka rotacyjna, generator prądu, cięcie rotacyjne, cięcie bezwładnościowe, rośliny energetyczne.

WPROWADZENIE

Istnieje wiele prognoz rozwoju naszej cywilizacji. Wszystkie one, mimo licznych różnic, zgodne są przynajmniej w dwóch założeniach: będziemy potrzebować do życia coraz więcej energii oraz będziemy musieli stosować zasadę zrównoważonego rozwoju, czyli zwracać większą uwagę na wpływ naszego działania na środowisko. Spełnienie tych założeń wiąże się m. in. ze zmianami w sposobie pozyskiwania energii, czyli w stopniowym odchodzeniu od kopalnych nośników energii na rzecz źródeł „czystej” energii odnawialnej [4, 8, 11, 14]. Jednym z ważniejszych, alternatywnych źródeł energii staje się biomasa [2, 3, 9]. Intensyfikacja produkcji rolniczej pozwala na przeznaczanie coraz większych powierzchni pól pod plantacje roślin energetycznych [27]. W konsekwencji rośnie znaczenie ekonomicznych technologii ich upraw [13, 15]. Prawidłowe przeprowadzenie zabiegów zbioru i rozdrabniania roślin energetycznych ma wielki wpływ na opłacalność produkcji [12, 16]. Konieczna jest więc wiedza o procesach zachodzących podczas cięcia i rozdrabniania łądy roślin energetycznych z szczególnym uwzględnieniem czynników, które najbardziej wpływają na energochłonność tych procesów [6, 7, 25, 28, 30, 32].

GENEZA PROJEKTU

W Instytucie Inżynierii Mechanicznej Politechniki Warszawskiej w Płocku od kilkunastu lat prowadzone są badania procesu cięcia zbóż i traw, a ostatnio także roślin energetycznych. Do badań tych wykorzystywane są stanowiska laboratoryjne o konstrukcji wahadłowej i tarczowej, gdzie realizowany jest proces cięcia toporowego i bezwładnościowego roślin [17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 31].

Prowadzone dotychczas badania procesu cięcia roślin energetycznych przeprowadzane były na stacjonarnych stanowiskach laboratoryjnych [24, 29]. Stanowiska te tylko w pewnym przybliżeniu umożliwiały prawidłową ocenę przebiegu rzeczywistych procesów zachodzących podczas cięcia roślin na polu. W celu weryfikacji wyników badań laboratoryjnych oraz oceny rzeczywistego zapotrzebowania energetycznego zespołu tnącego w procesie cięcia roślin energetycznych niezbędna wydaje się budowa mobilnego stanowiska badawczego na bazie ciągnika rolniczego. Wyniki uzyskane na tym stanowisku pozwoliłyby na wyznaczenie rzeczywistego zapotrzebowania energetycznego zespołu tnącego i całej kosiarki.

ZAŁOŻENIA I KRYTERIA PROJEKTU

Bazę dla stanowiska stanowić będzie ciągnik rolniczy oraz kosiarka rotacyjna. W celu wyeliminowania wpływu układu napędowego ciągnika, napęd zespołu tnącego kosiarki rotacyjnej będzie przekazywany nie z wału odbioru mocy ciągnika, lecz z silnika elektrycznego sterowanego falownikiem. Zastosowanie falownika pozwoli nie tylko na płynną regulację prędkości obrotowej zespołu tnącego, lecz także umożliwi dokładny zapis przebiegów zmian zapotrzebowania energetycznego zespołu tnącego w funkcji czasu.

Silnik elektryczny będzie napędzany prądem wytwarzanym przez spalinowy generator prądu. Zespół tnący, zbudowany z dwóch wymiennych pił tarczowych o zmiennym kącie nachylenia płaszczyzny tarcz do podłoża, będzie miał możliwość bezstopniowej zmiany prędkości obrotowej. Prędkość przemieszczania się kosiarki w łanie roślin energetycznych, czyli prędkość robocza posuwu również będzie zmieniana bezstopniowo.

Nowe stanowisko powinno spełniać następujące kryteria:

- zapewnić bezpieczną pracę w trakcie przeprowadzania badań,
- zapewnić trwałość elementów tnących,
- umożliwić szeroki zakres regulacji prędkości obrotowej zespołu tnącego,
- umożliwić szeroki zakres regulacji prędkości posuwu zespołu tnącego,
- zapewnić niskie koszty budowy stanowiska.

PROJEKT STANOWISKA

Stanowisko mobilne przeznaczone do badań procesu cięcia roślin energetycznych w warunkach polowych, składa się z:

- ciągnika rolniczego (1),
- zespołu tnącego (3),
- generatora prądu (2),
- zespołu sterująco-pomiarowego.

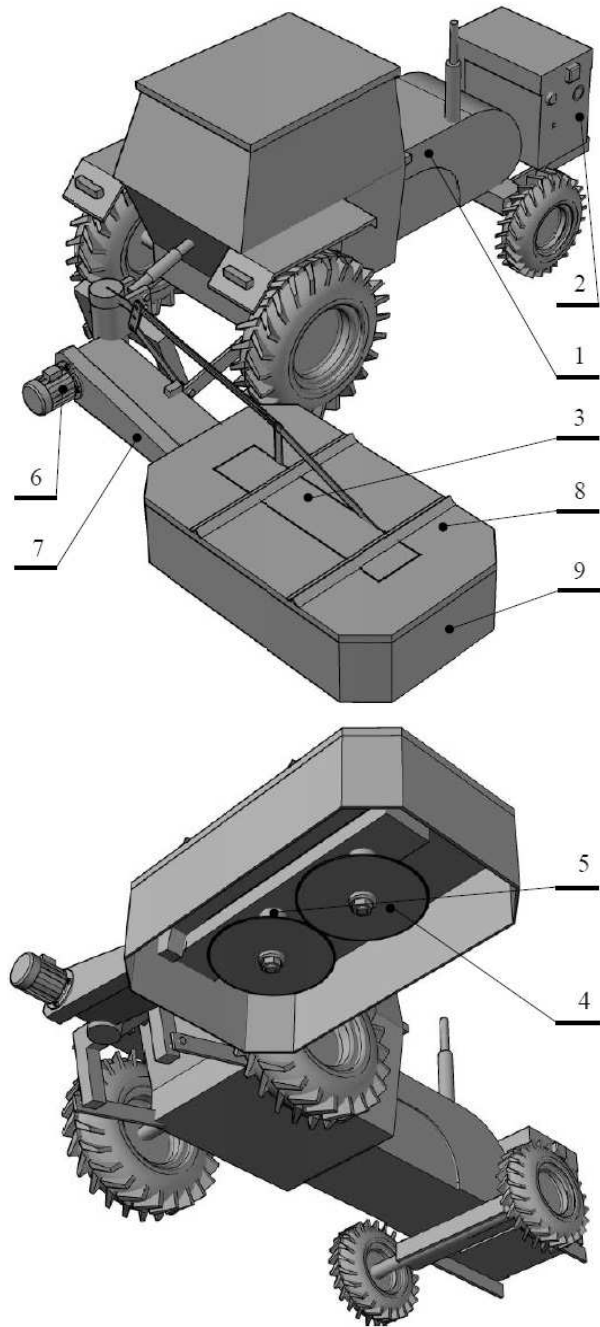
Generator prądu (2) zawieszony na przedniej części ciągnika rolniczego (1) przekazuje energię elektryczną do silnika elektrycznego (6) poprzez zespół sterująco-pomiarowy umieszczony w kabinie kierowcy. Przekaz informacji w postaci impulsu elektrycznego, pomiędzy urządzeniami, wykonuje się za pośrednictwem przewodów elektrycznych. Silnik elektryczny (6) przekazuje napęd piłom tarczowym (4) za pomocą zespołu przekładni. W skład zespołu przekładni wchodzi: przekładnia pasowa na paski klinowe, zabezpieczona metalową osłoną (7) oraz przekładnia stożkowa, ułożyskowana w korpusie kosiarki (3). Zadaniem przekładni pasowej jest zmiana prędkości obrotowej wałów. Natomiast przekładnia stożkowa realizuje napęd pił tarczowych (4) o przeciwnych kierunkach wirowania.

Piły tarczowe (4) zamocowane na różnych wysokościach do kolumn roboczych (5) nakładają się. Średnica każdej z nich wynosi 800 mm. Kolumny robocze (5) przymocowane do korpusu kosiarki (3) współpracują z przekładnią stożkową. Takie rozwiązanie daje możliwość zbioru roślin na całej szerokości roboczej zespołu tnącego bez ponoszenia strat w materiale roślinnym w postaci nieściętych łodyg.

Ciągnik rolniczy (1) z kompletnym oprzyrządowaniem prowadzi operator, a praca zespołu tnącego jest realizowana w trybie automatycznym przy uprzednio zadanych parametrach.

MATERIAŁ BADAWCZY

Materiałem przeznaczonym do badań za pośrednictwem mobilnego stanowiska badawczego są łany roślin energe-



- | | |
|----------------------|---------------------------------------|
| 1. ciągnik rolniczy, | 6. silnik elektryczny trójfazowy, |
| 2. generator prądu, | 7. metalowa osłona przekładni, |
| 3. korpus kosiarki, | 8. metalowa osłona zespołu tnącego, |
| 4. piła tarczowa, | 9. elastyczna osłona zespołu tnącego. |
| 5. kolumna robocza, | |

Rys. 1. Schemat stanowiska mobilnego do badań procesu cięcia bezwładnościowego roślin energetycznych

tycznych będących po okresie wegetacji. Charakteryzują się one bardzo zróżnicowaną budową morfologiczną. Wspólną ich cechą jest to, że można je wykorzystać, jako materiał energetyczny w postaci biomasy. Paliwo to jest nieszkodliwe dla środowiska: ilość CO₂ emitowana do atmosfery podczas jego spalania równoważona jest ilością CO₂ pochłanianego przez rośliny, które odtwarzają biomasę w procesie fotosyntezy. Wykorzystanie biomasy pozwala

zagospodarować nieużytki i spożytkować odpady. Rośliny energetyczne wykorzystywane do produkcji biomasy charakteryzują się [1,5,10,26]:

- wysoką odpornością na choroby i szkodniki,
- wysoką wartością opałową,
- niewielką ilością dwutlenku węgla emitowaną do atmosfery w procesie spalania,
- możliwie najwyższym przyrostem suchej masy w okresie wegetacyjnym,
- małymi wymaganiami glebowymi,
- możliwością wykorzystania nieużytków pod uprawę,
- dużą masą właściwą, która jest niezwykle ważna przy transporcie i magazynowaniu w obrębie kotłowni,
- podatnością na zmechanizowanie czynności agrotechnicznych, związanych z założeniem plantacji, jej utrzymaniem i zbiorem biomasy.

Do grupy tych roślin zaliczamy:

- wierzbę wiciową,
- słonecznik bulwiasty (topinambur),
- topole,
- ślaziolec pensylwański,
- róże wielokwiatową,
- miskantusa olbrzymiego,
- rdest sachaliński.

PODSUMOWANIE

Nowe mobilne stanowisko badawcze będzie najbardziej zawansowanym technicznie ze wszystkich stanowisk do badań procesu cięcia zbudowanym w Instytucie Inżynierii Mechanicznej Politechniki Warszawskiej w Płocku. Będzie dawać także szeroki zakres możliwości badawczych i to w naturalnych warunkach, czyli na polu. Zastosowanie elektrycznego napędu kosiarki zapewni większy zakres zmian prędkości obrotowych tarcz zespołu tnącego oraz poprawi dokładność pomiarów.

Budowa i zasada funkcjonowania mobilnego stanowiska badawczego jest bardzo zbliżona do konstrukcji tradycyjnych zespołów tnących stosowanych w maszynach rolniczych. Dzięki temu uzyskane wyniki będą wiarygodne. Pozwolą na dobranie optymalnego zakresu parametrów konstrukcyjnych i roboczych rotacyjnego zespołu tnącego do cięcia roślin energetycznych.

LITERATURA

1. **Baran D., Kwaśniewski D., Mudryk K. 2007:** Wybrane właściwości fizyczne trzyletniej wierzby energetycznej. *Inżynieria Rolnicza*, nr 8(96), 7-12.
2. **Baum. 2007.** Wykorzystanie biomasy dla celów energetycznych na przykładzie USA. Materiały konferencyjne: „Biomasa dla elektroenergetyki i ciepłownictwa – szanse i problemy”. Wyd. Wieś jutra. Sp. z o.o., Warszawa: 64-68.
3. **Bocheński I. C. 2007.** Parametry jakościowe produktów z biomasy do spalania. Materiały konferencyjne „Biomasa dla elektroenergetyki i ciepłownictwa – szanse i problemy”. Wyd. Wieś jutra. Sp. z o.o., Warszawa: 43-50.
4. **Dreszer K., Michałek R., Roszkowski A. 2003:** Energia odnawialna – możliwości jej pozyskiwania i wykorzystania w rolnictwie. Wydawnictwo PTIR, Kraków–Lublin–Warszawa.
5. **Dubas J., Grzybek A., Kotowski W., Tomczyk A. 2004:** Wierzba energetyczna – uprawa i technologie przetwarzania. Wyższa Szkoła Ekonomii i Administracji. Bytom.
6. **Frączek J., Mudryk K. 2006:** Metoda określenia oporów rowa cięcia pędów wierzby energetycznej. *Inżynieria Rolnicza*, nr 8(83), 91-98.
7. **Górski J. 2001:** Proces cięcia drewna elektryczną pilarką. Rozprawy Naukowe i Monografie. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
8. **Gradzik P., Grzybek A., Kowalczyk K., Kościak B. 2003:** Biopaliwa. Warszawa.
9. **Grzybek A. 2002:** Biomasa jako alternatywne źródło energii. Warszawa.
10. **Juliszewski T., Kwaśniewski D., Baran D. 2006:** Wpływ wybranych czynników na przyrosty wierzby energetycznej. *Inżynieria Rolnicza*, nr 12(87), Kraków, 225-232.
11. **Kamiński Z. 2007.** Nowe wyzwania Unii Europejskiej. *Czysta energia* 2: 7.
12. **Kowalski S. 1993:** Badania oporów cięcia wybranych roślin. *Zeszyt Prob. Post. Nauk Rol.* 408, 297-303.
13. **Kwaśniewski D., Mudryk K., Wróbel M., 2006:** Zbiór wierzby energetycznej z użyciem piły łańcuchowej. *Inżynieria Rolnicza*, nr 13(88), 271-276.
14. **Lewandowski W. M. 2007.** Proekologiczne odnawialne źródła energii. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
15. **Lisowski A. i inni. 2010:** Technologie zbiorów roślin energetycznych. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
16. **Lisowski A. 2006:** Ścinanie i rozdrabnianie wierzby energetycznej, *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* 4, 8-11.
17. **Rode H. 2008:** Badania procesu cięcia wybranych roślin energetycznych, *Rozdział w monografii: Wybrane zagadnienia mechaniki w budowie urządzeń technicznych.* 286-297. Politechnika Warszawska, Płock.
18. **Rode H., Szpetulski J. 2010:** The study of the willow viminalis cutting process. *Bioagrotechnical Systems Engineering.* vol.6(22), Płock, 63-75.
19. **Rode H., Witkowski P. 2011:** Moisture influence on the unitary energy of a cutting process of selected energy plants. *Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa.* vol. XI, Lublin, 317-325.
20. **Rode H. 2011:** The energy of a cutting process of a selected energy plant. *Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa.* vol. XI, Lublin, 326-334.
21. **Rode H., Witkowski P. 2012:** „The study of the rotary cutting process of energy plants”. *TEKA Commission of motorization and energetics in agriculture. An international journal on motorization, vehicle operation, energy efficiency and mechanical engineering.* vol. XII, nr. 1, Lublin, 231-235.

22. **Rode H., Witkowski P. 2012:** „Porównanie procesu cięcia wierzby konopianej i ślazuwca pensylwańskiego”. MOTROL Commission of motorization and energetics in agriculture. An international journal on operation of farm and agri – food industry machinery. Vol. 14, nr. 1, Lublin – Rzeszów, 111-114, 2012.
23. **Rode H., Witkowski P. 2013:** “The study of the rotary cutting process of chosen energy plants”. TEKA Commission of motorization and energetics in agriculture. An international journal on motorization, vehicle operation, energy efficiency and mechanical engineering. Vol. 13, nr 1, Lublin – Rzeszów 139-144.
24. **Rode H., Witkowski P. 2013:** „Stanowisko do badań procesu cięcia roślin energetycznych”. MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. An international journal on operation of farm and agri – food industry machinery. Vol. 15, nr 1, Lublin–Rzeszów 111-114.
25. **Rudko T., Stasiak M. 2004:** Właściwości mechaniczne pędów wierzby energetycznej. III Zjazd Naukowy. Referaty i doniesienia. Dąbrowice 27-29. 09.2004.
26. **Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M.J. 2004.** Wierzba energetyczna. Wydawnictwo Plantpress Sp. z o.o., Kraków.
27. **Szczukowski S., Tworkowski J., Wiwart M., Przyborowski J. 2002:** Wiklina (*Salix Sp.*) Uprawa i możliwości wykorzystania. Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn.
28. **Szymanek M. 2007:** Analysis of cutting process of plant material. Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa – OL PAN, VIIA, 107-113.
29. **Witkowski P. 2011:** Stanowisko do badań procesu cięcia roślin. Rozdział w monografii Inżynieria mechaniczna – innowacje dla przedsiębiorstw. 129-132. Politechnika Warszawska, Płock.
30. **Żuk D. 1979:** Określenie koniecznej prędkości elementów tnących w maszynach do ścinania źdźbeł i łodyg. Maszyny i Ciągniki Rolnicze nr 3/1979. Warszawa.
31. **Żuk D. 1986:** Proces cięcia źdźbeł zbóż. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej – Mechanika z. 95. Warszawa.
32. **Żuk D., Rode H. 1992:** Propozycje oceny energetycznej zespołów tnących. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej – Mechanika z. 152. Warszawa.

A TEST STAND FOR INVESTIGATING THE ENERGY CROPS CUTTING PROCESS

Abstract. The paper presents a concept solution of a mobile test stand for testing inertia cutting of energy crops under field conditions and its research potential. Design, principle of operation and testing procedure have also been discussed in the paper.

Key words: farm tractor, rotary mower, power generator, rotary cutting, inertia cutting, energy crops.

Uproszczona metoda doboru inwertera do systemu fotowoltaicznego dołączonego do sieci

Mariusz Sarniak

Politechnika Warszawska, Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii
Zakład Inżynierii Systemów Mechanicznych i Automatyzacji
Al. Jachowicza 2/4, 09–402 Płock, e-mail: sarniak@pw.plock.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono pomiary charakterystyk prądowo-napięciowych wykonanych przy użyciu miernika I-V 400, który spełnia wymagania normy PN-EN 60891. Badania przeprowadzono na module monokrystalicznym AEMF130. Pomiary charakterystyk wykonano w wybranych dniach dla miesięcy od stycznia do listopada 2013 roku. W pracy zaproponowano również uproszczoną metodę doboru inwertera sieciowego do generatora fotowoltaicznego. Podano przykładową konfigurację dla takiego minisystemu PV.

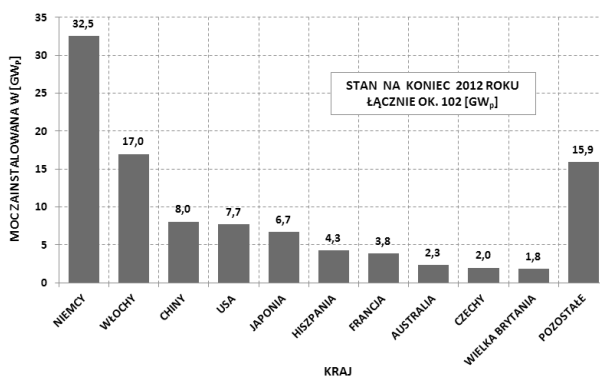
Słowa kluczowe: fotowoltaika, moduł fotowoltaiczny, inwerter, charakterystyka prądowo-napięciowa, współczynniki temperaturowe.

WPROWADZENIE

Nową interdyscyplinarną dziedziną nauki i techniki, która zajmuje się procesem konwersji energii promieniowania słonecznego bezpośrednio na energię elektryczną jest fotowoltaika (w skrócie ozn. dalej jako PV) [1, 4, 5, 8, 10, 11, 13, 17, 18]. Na rys. 1 pokazano ranking dziesięciu państw, posiadających najwięcej mocy zainstalowanych systemów PV wg stanu na koniec 2012 roku.

Obecnie obowiązujące w Polsce prawo w zakresie instalacji OZE, w tym instalacji PV, nie umożliwia sprzedaży wyprodukowanej energii po atrakcyjnych cenach. Sprzedaż nadwyżek energii do sieci jest mało opłacalna (oferowana aktualnie stawka to 80 % hurtowej cen energii, czyli ok. 16 gr/kWh), warto więc projektować instalację PV w ten sposób, aby maksymalna ilość energii została skonsumowana na potrzeby własne. Nasze oszczędności wówczas będą maksymalne. Trzeba zatem poznać dobrze profil zużycia energii w określonym czasie (dnia, tygodnia, miesiąca czy roku).

Kolejnym ważnym elementem w procesie projektowania jest optymalny dobór najważniejszych elementów systemu PV, aby uzyskać jak najwyższą efektywność energetyczną.



Rys. 1. Moc zainstalowanych instalacji PV na świecie na koniec 2012 roku (opracowanie własne na podstawie [21])

Fig. 1. The installed power of PV installations in the world at the end of 2012 (own study based on [21])

BUDOWA STANOWISKA BADAWCZEGO

Najważniejszym elementem systemu PV jest generator zbudowany z odpowiednio połączonych modułów. Bardzo ważna jest wiedza jakie rzeczywiste parametry wyjściowe może uzyskać moduł PV w warunkach, w których został zainstalowany. Do przeprowadzenia takich pomiarów wykorzystano miernik charakterystyk I-V 400, który pomiary wykonuje zgodnie z normą PN-EN 60891 [2, 20]. Na rys. 2 przedstawiono schemat połączeń miernika charakterystyk I-V 400 do badanego modułu PV, a dokładny opis metody pomiarów autor opisał w pracy [16].

Parametry nominalne, wyznaczone przez producenta w warunkach laboratoryjnych STC (*ang. Standard Test Condition*) badanego modułu PV przedstawiono w tabeli 1.

Dokładną interpretację podstawowych parametrów modułu PV przedstawiono na rys. 3, na którym pokazano typowy przebieg charakterystyki prądowo-napięciowej i wykres mocy.

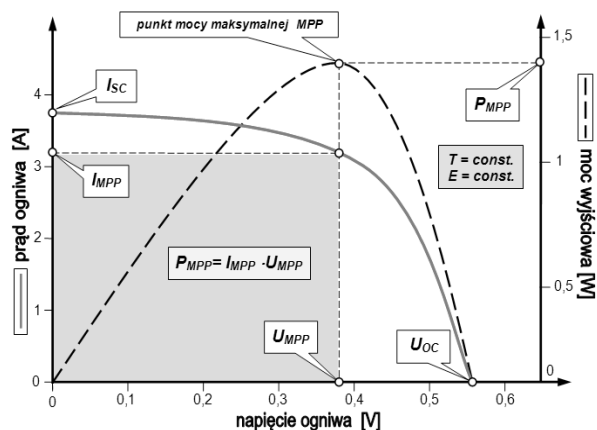


Rys. 2. Schemat połączeń podczas pomiarów charakterystyk I-V
Fig. 2. Wiring diagram for the measurement of I-V characteristics

Tabela 1. Parametry nominalne modułu AEMF130 [7]

Table 1. Nominal parameters AEMF130 module [7]

Parametr modułu:	Wartość:
Liczba ogniw monokrystalicznych (6")	36 sztuk
Moc maksymalna P_{MPP}	130 W
Napięcie w punkcie mocy maksymalnej U_{MPP}	17,2 V
Prąd w punkcie mocy maksymalnej I_{MPP}	7,56 A
Napięcie obwodu otwartego U_{OC}	21,6 V
Prąd zwarcia modułu I_{SC}	8,02 A
Wymiary modułu	1483x655x35 mm
Waga modułu	12 kg



Rys. 3. Przykładowa charakterystyka I-V z zaznaczonymi punktami pomiarowymi [14]

Fig. 3. Example I-V characteristics of the selected measuring points [14]

Stanowisko to zostało wykorzystane do wykonania rzeczywistych pomiarów charakterystyk prądowo-napięciowych modułu PV, który zostanie wykorzystany do dalszego algorytmu doboru inwertera. Pomiary prowadzono wielokrotnie w różnych warunkach natężenia promieniowania i temperatury, ale w określonej stałej lokalizacji GPS: 52,48°N i 19,67°E (okolice Płocka).

WYNIKI POMIARÓW CHARAKTERYSTYK I-V

W tabeli 2 przedstawiono wyniki rzeczywistych pomiarów, wykonanych przy użyciu miernika charakterystyk I-V 400 wg metodyki opisanej w poprzednim rozdziale pracy. Badania przeprowadzono w różnych dniach i o różnych godzinach od stycznia do listopada 2013 roku. W ostatnim wierszu tabeli 2 podano dla porównania wartości param-

trów podawanych przez producenta modułu PV w warunkach STC.

W każdym przypadku kiedy wartości parametrów przewyższały wartości standardowe zostało to zaznaczone w tabeli w postaci pogrubionego tekstu. Wyraźnie widać, że sytuacja taka miała miejsce najczęściej w przypadku pomiarów napięcia przy stosunkowo niskich temperaturach. W przypadku natężenia prądu tylko w jednym przypadku zaobserwowano przekroczenie wartości nominalnych. Nałożyły się w tym przypadku dwa czynniki: wysoka wartość natężenia promieniowania słonecznego i stosunkowo niska temperatura.

Na uwagę zasługuje też fakt, że w żadnym z przedstawionych przypadków nie zaobserwowano przekroczenia, ani nawet zbliżenia się do wartości mocy maksymalnej modułu, podawanej przez producenta.

Do dalszych rozważań konieczne będzie uwzględnienie współczynników temperaturowych, których niestety producent badanego modułu AEMF130 nie podaje i konieczne będzie przyjęcie ich jako typowych dla modułu monokrystalicznego o podobnym rozmiarze zastosowanych ogniw PV.

Tabela 2. Wyniki pomiarów charakterystyk I-V modułu AEMF130

Table 2. Measurement results of I-V characteristics of the module AEMF130

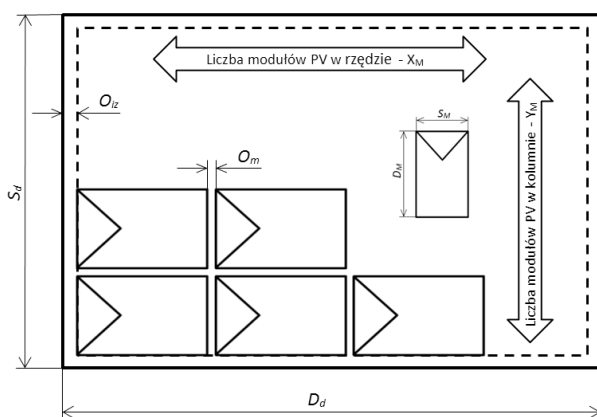
Data i godzina pomiaru:	P_{MPP} [W]	V_{OC} [V]	V_{MPP} [V]	I_{MPP} [A]	I_{SC} [A]	E [W×m ²]	T [°C]
2013-01-22 11:37	107,00	21,90	17,40	6,17	7,17	780	3,9
2013-03-02 13:52	116,75	21,93	17,30	6,75	7,93	867	6,1
2013-03-05 10:38	107,23	21,81	17,31	6,19	7,06	800	10,5
2013-04-11 12:42	124,00	22,00	17,50	7,09	8,57	934	8,9
2013-06-12 12:17	118,44	21,91	17,22	6,88	7,96	902	21,0
2013-08-19 11:34	98,27	20,21	15,49	6,35	7,01	842	29,5
2013-09-14 13:13	104,49	20,29	15,22	6,87	7,43	904	27,6
2013-10-09 13:16	79,30	21,72	17,45	4,54	5,10	590	13,6
2013-11-03 14:06	58,97	21,88	18,08	3,25	3,41	408	11,0
w war. STC:	130,00	21,60	17,20	7,56	8,02	1000	25,0

METODA DOBORU INWERTERA DO SIECIOWEGO SYSTEMU PV

Do prawidłowego funkcjonowania sieciowego systemu PV niezbędne jest optymalne dopasowanie parametrów dwóch najistotniejszych jego elementów: generatora fotowoltaicznego, zbudowanego z połączonych szeregowo lub równoległe modułów oraz inwertera, który przekształca parametry energii elektrycznej otrzymanej z generatora. Pozostałe elementy systemu fotowoltaicznego takie, jak

dobór odpowiedniego okablowania i kompleksowego systemu zabezpieczeń, są już rzeczą wtórną i mogą być dobrane na późniejszym etapie projektowania szczegółowego. Problem polega na tym, że parametry wyjściowe generatora fotowoltaicznego są naturalnie zmienne w czasie i ściśle uzależnione głównie od natężenia promieniowania słonecznego i temperatury [6, 15, 17, 19], a parametry wejściowe inwertera posiadają stosunkowo wąski zakres możliwości dopasowania do optymalnych, w danej chwili, parametrów generatora. Błędy popełnione podczas konfiguracji systemu fotowoltaicznego, z uwagi na fakt, że zakładany czas jego eksploatacji obecnie wynosi ponad 20 lat, prowadzą do sumarycznych bardzo dużych strat w ilości uzyskanej energii elektrycznej, co przekłada się na znaczny spadek efektywności energetycznej systemu fotowoltaicznego [9].

Na wstępnym etapie projektowania systemu PV kierujemy się najczęściej kryterium dostępnej do zagospodarowania powierzchni lub mocy nominalnej zainstalowanych modułów. Niezależnie od tego, czy projektujemy instalację typu wolnostojącego, czy na dachu budynku, najczęściej mamy do dyspozycji powierzchnie o kształcie prostokątnym. Sposób rozmieszczenia modułów PV nie stanowi więc trudnego zagadnienia, ale pojawia się pewien problem związany bezpośrednio z typem zastosowanych modułów. W zależności od wewnętrznej budowy modułów PV może się okazać, że istotne będzie w jaki sposób rozplanujemy ich rozmieszczenie na płaszczyźnie montażu. W pewnych sytuacjach korzystniejsze jest poziome ułożenie modułów PV, a w innych pionowe. Najważniejszym kryterium będzie tu fakt, czy w modułach PV zastosowano diody BYPASS i jak są one podłączone wewnątrz modułu. Rozpatrzmy przypadek poziomego rozmieszczenia modułów PV na prostokątnej powierzchni dachu (rys. 4). Takie rozmieszczenie dla modułów PV wykonanych w technologii grubowarstwowej (krzem krystaliczny) z diodami BYPASS zabezpiecza generator PV przed negatywnymi skutkami zalegającego śniegu.



Rys. 4. Schemat poziomego rozmieszczenia modułów PV
Fig. 4. Diagram of horizontal distribution of PV modules

Liczbę modułów PV rozmieszczonych w poziomie X_M i w pionie Y_M można obliczyć w tym przypadku ze wzorów:

$$X_M = \frac{D_d - 2 \cdot O_{iz}}{D_M + O_m}, \quad (1)$$

$$Y_M = \frac{S_d - 2 \cdot O_{iz}}{S_M + O_m}, \quad (2)$$

gdzie:

D_d, S_d – wymiary płaszczyzny przeznaczony na montaż modułów PV,

D_M, S_M – wymiary pojedynczego modułu PV,

O_{iz} – odstęp izolacyjny od zwodów instalacji odgromowej (przyjmujemy ok. 0,5 m),

O_m – odstęp między modułami, uwzględniające wymiary elementów montażowych (przyjmujemy najczęściej 2 cm).

Otrzymane wyniki obliczeń X_M i Y_M zaokrąglamy w dół do najbliższej liczby całkowitej, a ich iloczyn stanowi zakładaną liczbę modułów PV do dalszych obliczeń:

$$L_{ZLM} = X_M \cdot Y_M \quad [\text{szt.}], \quad (3)$$

Jeżeli płaszczyzna przeznaczona do montażu modułów PV ma bardziej skomplikowany kształt lub musimy uwzględnić elementy zacieniające promieniowanie słoneczne, można skorzystać ze specjalistycznego oprogramowania. Dodatkowym atutem tego typu aplikacji jest wbudowana baza danych parametrów dostępnych na rynku modułów PV.

Znając nominalną moc pojedynczego modułu PV, oznaczaną najczęściej jako P_{MPP} możemy obliczyć łączną nominalną moc generatora PV, zbudowanego z odpowiednio połączonych modułów PV:

$$P_{GEN.PV} = P_{MPP} \cdot L_{ZLM} \quad [W_p]. \quad (4)$$

Zarówno nominalna moc pojedynczego modułu PV jak i całego generatora PV wyrażana jest w jednostkach W_p (ang. *Wat-peak*), tzw. watach mocy szczytowej. Jest to moc określana w warunkach STC, które są trudne do uzyskania w rzeczywistości, a w szczególności w warunkach klimatycznych panujących na terenie Polski. Jeżeli producent modułów PV wykorzystanych do budowy generatora PV podaje parametry elektryczne modułów w warunkach NOCT (ang. *Normal Operating Cell Temperature*), to należy z nich skorzystać przy dalszych obliczeniach, gdyż one lepiej odzwierciedlają rzeczywiste parametry funkcjonowania modułów PV.

Generator PV niezależnie od konfiguracji dostarcza energii elektrycznej w postaci prądu i napięcia stałego (ozn. w skrócie – DC). Ze względów praktycznych, bardziej użyteczną postacią energii elektrycznej są prąd i napięcie przemiennie (ozn. w skrócie – AC), które może bezpośrednio zasilac powszechnie stosowane urządzenia RTV, AGD i inne. Aby dokonać przemiany tych parametrów w systemach PV stosuje się specjalne przekształtniki zwane inwerterami lub falownikami. Przed przystąpieniem do omówienia zasadniczego algorytmu doboru inwertera do generatora PV w projektowanym systemie PV, wymieńmy podstawowe parametry modułu PV i inwertera. Podstawowe parametry modułu PV omówiono już w tabeli 1. Ich listę należy jeszcze uzupełnić o współczynniki temperaturowe, które umożliwiają obliczenie wartości liczbowych paramet-

trów modułu PV przy różnych temperaturach i przy założeniu stałej wartości natężenia promieniowania słonecznego. W rzeczywistych warunkach klimatu panującego w Polsce moduły PV w ciągu roku mogą potencjalnie funkcjonować w dosyć dużym przedziale temperatur od -25°C do 70°C . Do obliczenia bardziej zbliżonych do rzeczywistych parametrów, dla których podano współczynniki temperaturowe, proponuję wykorzystać następujące wzory:

$$I_{SC}(T_M) = I_{SC} \left[1 + (T_M - 25) \frac{\alpha_T}{100} \right] \quad [\text{A}], \quad (5)$$

$$U_{OC}(T_M) = U_{OC} \left[1 + (T_M - 25) \frac{\beta_T}{100} \right] \quad [\text{V}], \quad (6)$$

$$P_{MPP}(T_M) = P_{MPP} \left[1 + (T_M - 25) \frac{\gamma_T}{100} \right] \quad [\text{W}_p], \quad (7)$$

gdzie:

T_M – temperatura oświetlonego modułu PV [$^{\circ}\text{C}$],
 α_T , β_T , γ_T – współczynniki temperaturowe dla prądu, napięcia i mocy [%/ $^{\circ}\text{C}$].

W celu wykonania bardziej precyzyjnych obliczeń często wykorzystuje się również zależność na oszacowanie temperatury modułu T_M (w szczególności ogniów PV wewnątrz obudowy modułu PV) na podstawie temperatury otoczenia i wartości natężenia promieniowania słonecznego [8]:

$$T_M = T_{OT} + \frac{(NOCT - 20) \cdot E}{800} \quad [^{\circ}\text{C}], \quad (8)$$

gdzie:

T_{OT} – temperatura otoczenia modułu PV [$^{\circ}\text{C}$],
 $NOCT$ – temperatura pracy modułu w warunkach normalnych [$^{\circ}\text{C}$],
 E – natężenie promieniowania słonecznego [$\text{W} \times \text{m}^2$].

W przypadku inwerterów dołączanych do sieci podstawowe parametry wejściowe, które powinny być podawane przez producentów, wykorzystywane w algorytmie doboru inwertera do generatora PV to:

- maksymalna moc inwertera – $P_{MAX,INV}$ [W],
- maksymalne napięcie wejściowe DC – $U_{MAX,INV}$ [V],
- minimalne napięcie MPPT (*ang. Maximum Power Point Tracking*) – $U_{MPPT,MIN}$ [V],
- maksymalne napięcie MPPT – $U_{MPPT,MAX}$ [V],
- nominalne napięcie pracy inwertera – U_{NOM} [V], które powinno odpowiadać warunkom NOCT pracy modułu PV,
- liczba niezależnych MPPT [szt.],
- maksymalne natężenie prądu inwertera, przypadające na jedno wejście MPPT (często w inwerterach jeden MPPT ma dwa oddzielne wejścia DC) – $I_{MAX,INV}$ [A].

Krótkiego wyjaśnienia w tym miejscu wymagają skróty: MPP i MPPT. O ile MPP w przypadku opisu parametrów modułu PV oznaczał punkt mocy maksymalnej, to MPPT w opisie inwertera należy rozumieć jako wejście inwertera realizujące w specjalny algorytm śledzenia punktu mocy maksymalnej. Tylko w zakresie od podanej wartości minimalnej do maksymalnej będzie możliwe skuteczne funkcjonowanie inwertera, polegające na wyprowadzeniu energii

elektrycznej w postaci prądu i napięcia przemiennego o parametrach zgodnych z istniejącą siecią elektroenergetyczną. Parametry wyjściowe dotyczą już dopasowania inwertera do współpracy z siecią elektryczną, do której zostanie podłączony i nie będą w tym miejscu podawane.

Na tym etapie możemy już przystąpić do obliczenia maksymalnej mocy inwertera systemu fotowoltaicznego, który będzie współpracował z generatorem PV:

$$P_{GEN,PV} = (0,9 \div 1,2) \cdot P_{MAX,INV}. \quad (9)$$

Dopuszczanie do przewymiarowania generatora PV wynika z tego, że parametry podawane przez producentów modułów PV w warunkach STC są nieosiągalne i na ogół niższe o ok. 5÷15 % w stosunku do rzeczywistych. Istotnym problemem są również straty wynikające z wzajemnego niedopasowania parametrów modułów PV tworzących stringi (rzędy szeregowo połączonych modułów PV). Innym powodem są chociażby straty mocy na okablowaniu, które należy tak dobierać, aby nie przekraczały 1 %.

W literaturze [8, 12, 17] można znaleźć wiele różnych propozycji algorytmów obliczeniowych doboru liczby modułów PV i sposobu ich podłączania do inwertera. Wbrew pozorom najbardziej krytyczne warunki współpracy inwertera z generatorem PV mają miejsce w intensywnie słoneczny mroźny dzień. Takie kryterium sprawdzamy obliczając maksymalną dopuszczalną liczbę modułów w tzw. stringu, czyli szeregowym połączeniu określonej liczby modułów PV, podłączonych do jednego wejścia inwertera. Mamy tu najczęściej trzy alternatywne koncepcje prowadzenia obliczeń maksymalnej liczby modułów:

$$L_{MAX,M} = \begin{cases} \frac{U_{MAX,INV}}{U_{OC}(-25^{\circ}\text{C})} \\ \frac{U_{MAX,INV}}{U_{OC}(-10^{\circ}\text{C})} \\ \frac{U_{MPPT,MAX}}{U_{MPP}(-15^{\circ}\text{C})} \end{cases}. \quad (10)$$

Najbezpieczniej jest w tej sytuacji sprawdzić wszystkie trzy warunki i wybrać najmniejszą wartość liczbową zaokrąglając ją w dół do najbliższej liczby naturalnej. Kolejnym warunkiem poprawnego doboru jest obliczenie minimalnej liczby modułów PV w pojedynczym stringu:

$$L_{MIN,M} = \frac{U_{MPPT,MIN}}{U_{MPP}(70^{\circ}\text{C})}. \quad (11)$$

Tę z kolei obliczoną wartość zaokrąglamy w górę. Teraz projektant systemu PV podejmuje ważną decyzję, musi ustalić ostatecznie liczbę modułów PV, uwzględniając wcześniej obliczoną liczbę modułów PV, wynikającą z dostępnej do zagospodarowania powierzchni – L_{ZLM} . Praktyka pokazuje, że optymalny wybór, to przyjęcie obliczeniowej liczby modułów PV – $L_{OBL,M}$ zbliżonej do ich liczby maksymalnej – $L_{MAX,M}$. Stąd liczba obwodów instalacji wstępnie może być obliczona ze wzoru:

$$L_{OBW} = \frac{L_{ZLM}}{L_{OBL,M}}. \quad (12)$$

Teraz należy z kolei obliczyć ile obwodów (tzw. stringów) może posiadać projektowany system PV. W tym przypadku, istotne będą dwie rzeczy: liczba niezależnych MPPT oraz maksymalne możliwe natężenie prądu inwertera, przypadające na jedno wejście MPPT. Warunek ten będzie miał postać:

$$L_{OBW} = \frac{I_{MAX.INV}}{I_{SC}(70^{\circ}C)} \quad (13)$$

Rozważania te prowadzą do podjęcia ostatecznej decyzji, polegającej na ustaleniu:

- liczby obwodów,
- liczby modułów PV przypadających na jeden obwód.

Zaprezentowany algorytm ulega znacznemu uproszczeniu jeżeli do budowy systemu PV, dołączonego do sieci zastosujemy mikroinwertery (zwane inwerterami modułowymi). W takim przypadku moduły PV nie są łączone w rzędy i obwody, a sposób ich rozmieszczenia na płaszczyźnie panelu nie ma większego znaczenia, gdyż każdy moduł stanowi niezależny generator. Nie występują wtedy również straty wynikające z niedopasowania parametrów modułów PV połączonych szeregowo.

BUDOWA PRZYKŁADOWEGO SYSTEMU PV

Przed przystąpieniem do obliczeń wg opisanego wcześniej algorytmu należy wyznaczyć parametry modułu PV w różnych temperaturach pracy wg wzorów (5), (6) i (7). Przyjęto następujące wartości współczynników temperaturowych: $a_T=0,06 \text{ \%}/^{\circ}C$, $b_T=-0,37 \text{ \%}/^{\circ}C$ i $g_T=-0,43 \text{ \%}/^{\circ}C$. Otrzymane wyniki obliczeń teoretycznych przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Parametry modułu PV obliczone przy różnych temperaturach

Table 3. PV module parameters calculated at different temperatures

Parametr modułu PV	Temperatura modułu PV – T _M [°C]				
	-25	-15	-10	25 (STC)	70
P _{MPP} [W]	157,95	152,36	149,57	130,00	104,85
V _{OC} [V]	25,60	24,80	24,40	21,60	18,00
V _{MPP} [V]	20,38	19,75	19,43	17,20	14,34
I _{MPP} [A]	7,33	7,38	7,40	7,56	7,76
I _{SC} [A]	7,78	7,83	7,85	8,02	8,24

Dla temperatur niższych od 25°C wzrastają wyraźnie wartości napięcia modułu PV, a dla temperatur wyższych od 25°C wzrastają nieznacznie natężenia prądu. Obie te tendencje są zgodne z wynikami badań eksperymentalnych, przedstawionych w tabeli 2. Inaczej wygląda sytuacja w przypadku mocy, teoretycznego wzrostu mocy w niskich temperaturach nie potwierdzają badania doświadczalne. Uzasadnia to dopuszczenie pewnego przewymiarowania wielkości generatora PV, o czym wspomniano już przy omawianiu wzoru (9).

Zakładając dostępną do zagospodarowania powierzchnię dachu o wymiarach 6x4 m, ze wzorów (1), (2) i (3) obliczamy zakładaną liczbę modułów PV, którą wstępnie przyjmujemy

jako 12 sztuk modułów PV o symbolu AEMF130. Następnie ze wzoru (4) obliczamy moc generatora PV, która wynosi **1560 W_p**. Następnie ze wzoru (9) określamy wejściową moc maksymalną inwertera, która wynosi 1300 W. Na tej podstawie dobieramy inwerter **Sunny Boy 1200** [3] firmy SMA. Dalsze obliczenia parametrów systemu na podstawie wzorów (10), (11), (12) i (13) dopuszczają większą liczbę modułów generatora PV, uwzględniając parametry temperaturowe i parametry inwertera można przyjąć maksymalnie 15 sztuk modułów PV AEMF130 połączonych szeregowo w jeden obwód. Jednak w przypadku projektowanego systemu byłoby to zbyt duże przewymiarowanie mocy generatora PV i nie byłoby możliwe do zainstalowania na dostępnej powierzchni, ostatecznie więc generator PV będzie zbudowany z **12 sztuk** połączonych szeregowo modułów AEMF130.

Wyniki powyższych obliczeń porównano z propozycją najnowszej wersji oprogramowania producenta inwertera **Sunny Design 3**. Zakładając optymalne warunki zainstalowania generatora PV na dostępnej powierzchni, tzn. kierunek azymutu dokładnie południowy i kąt pochylenia płaszczyzny modułów względem poziomu 35°, uzyskano potwierdzenie wcześniejszych obliczeń zaproponowaną uproszczoną metodą. Dodatkowo w systemie **Sunny Design 3** oszacowano wydajność energetyczną tak skonfigurowanego systemu PV na **830 kWh/kW_p**, dla warunków nasłonecznienia oraz temperatury dla lokalizacji Warszawa.

WNIOSKI

1. Dobierając inwerter do generatora PV należy uwzględnić nadmiarowość jego mocy, wynikającą z tego, że podawane przez producenta wartości mocy maksymalnej modułów PV nie są osiągalne w naszej strefie klimatycznej.
2. Przy doborze inwertera bezwzględnie należy uwzględnić współczynniki temperaturowe napięcia i prądu i na ich podstawie obliczyć ostateczną liczbę i sposób połączenia modułów PV dołączanych do inwertera.
3. Podczas projektowania systemu PV nie należy bezkrytycznie przyjmować propozycji konfiguracji systemu przy pomocy jednego określonego oprogramowania komputerowego (jak np. **Sunny Design**, **PVSyst** i in.). Najlepiej skorzystać z kilku aplikacji i porównać wyniki, a w przypadku wątpliwości dokonać jeszcze podstawowych obliczeń wg zaproponowanej w pracy metody.
4. Nawet w starannie zaprojektowanym systemie PV nie należy zapominać o odpowiednim doborze okablowania i elementów zabezpieczeń zarówno po stronie stało- jak i przemiennoprądowej.

LITERATURA

1. **Chwieduk D. 2006:** Modelowanie i analiza pozyskiwania oraz konwersji termicznej energii promieniowania słonecznego w budynku. Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN, Warszawa.
2. Instrukcja obsługi miernika charakterystyk I-V 400. Firma TOMTRONIX, Łódź.

3. Instalation Guide PV INVERTER SUNNY BOY 1200/1700 – www.SMA-solar.com.
4. **Jarzębski Z. M. 1990:** Energia Słoneczna, konwersja fotowoltaiczna. PWN, Warszawa.
5. **Kaiser H. 1995:** Wykorzystanie energii słonecznej. Wydawnictwo AGH, Kraków.
6. **Kapica J., Ścibisz M. 2013:** Employing empirical mode decomposition to determine solar radiation intensity curve. TEKA. COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS IN AGRICULTURE. Vol.13, No. 1, 65-70. Lublin-Rzeszów.
7. Karta produktu modułu AEMF130. 2012. Active Energy: <http://www.actionenergy.pl>.
8. **Klugmann-Radziemska E. 2010:** Fotowoltaika w teorii i praktyce. Wydawnictwo BTC. Legionowo.
9. **Marecki J. 1995:** Podstawy przemian energetycznych. WNT, Warszawa.
10. **Messenger R. A., Ventre J. 2010:** Photovoltaic Systems Engineering. Third Edition. CRC Press 2010 – 527. ISBN: 978-1-4398-0292-2.
11. **Nowicki J. 1980:** Promieniowanie słoneczne jako źródło energii. Arkady, Warszawa.
12. **Pliński M. 2013:** Podstawy projektowania systemów fotowoltaicznych – cz.3. Jak dobrać falowniki do instalacji PV. Magazyn Fotowoltaika. Wydawnictwo PUBLIKATECH. Nr 3/2013, 10-15. Warszawa.
13. **Pluta Z. 2000:** Podstawy teoretyczne fototermicznej konwersji energii słonecznej. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
14. **Sarniak M. 2008:** Podstawy fotowoltaiki. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa.
15. **Sarniak M. 2012:** The method of selection of optimum fitting parameters for stationary photovoltaic systems and optimum control parameters for tracking photovoltaic systems. TEKA COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS IN AGRICULTURE. Vol.12, No. 1, 243-246. Lublin-Lugansk.
16. **Sarniak M. 2013:** Badania wpływu ustawienia modułu fotowoltaicznego na przebiegi charakterystyk zewnętrznych. MOTROL. COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS IN AGRICULTURE. Vol. 15. No. 1, 115-118. Lublin-Rzeszów.
17. **Szymański B. 2013:** Instalacje fotowoltaiczne. Wydanie II. GEOSYSTEM, Redakcja GLOBEnergia. Kraków.
18. **Tymiński J. 1997:** Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w Polsce do 2030 roku. Aspekt energetyczny i ekologiczny. Wydawnictwo IBMER, Warszawa.
19. PN-EN ISO 9488: 2002: Energia słoneczna – Terminologia.
20. PN-EN 60891: 2010: Postępowanie zapewniające korekcję temperatury i natężenia promieniowania do pomierzonych charakterystyk prądowo napięciowych krystalicznych urządzeń krzemowo-fotowoltaicznych.
21. <http://petraenergia.pl/> – serwis internetowy firmy Petra Energia sp. z o.o. z Ożarowa Mazowieckiego, która zajmuje się projektowaniem i realizacją instalacji OZE [dostęp: marzec 2014].

A SIMPLIFIED METHOD OF THE INVERTER SELECTION FOR ON-GRID PHOTOVOLTAIC SYSTEM

Summary. The paper presents measurements of the current-voltage characteristics were performed with an I-V 400, PN-EN 60891 compliant measuring device. The tests were performed on an AEMF130 monocrystalline module. The measurement of the characteristics was made for selected days in the months from January until November 2013. In the paper the authors proposed a simplified method of selection of the photovoltaic on-grid inverter. An example configuration for such a PV mini system was specified.

Key words: photovoltaics, PV tracking system, PV module, inverter, current-voltage characteristics, temperature coefficients.

Wpływ wilgotności i prażenia ziarna gryki na proces rozdrabniania

Justyna Tomiło¹, Dariusz Dziki¹, Renata Różyło²

¹Katedra Techniki Ciepłej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin

²Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin

e-mail: justynatomilo87@gmail.com, dariusz.dziki@up.lublin.pl, renata.rozylo@up.lublin.pl

Streszczenie: Celem pracy była ocena wpływu wilgotności oraz prażenia ziarna gryki na proces rozdrabniania. Do badań wykorzystano grykę odmiany Kora. Ziarno prażono przez 1 h, w temperaturze 130°C i przy ciśnieniu 5,0 bar. Próbę kontrolną stanowiły nasiona nieprażone. Ziarno prażone i nieprażone doprowadzono do pięciu poziomów wilgotności: 10, 12, 14, 16 i 18%. Badania przeprowadzono wykorzystując laboratoryjny rozdrabniacz walcowy typu SK. Określono skład granulometryczny śruty i obliczono średni wymiar cząstki. Wyznaczono również energochłonność jednostkową rozdrabniania oraz wskaźnik efektywności rozdrabniania.

Stwierdzono, że wzrost wilgotności ziarna gryki istotnie wpłynął na skład granulometryczny śruty, powodując zwiększenie średniego wymiaru cząstki. Natomiast prażenie miało stosunkowo niewielki wpływ na ten parametr. Energochłonność jednostkowa rozdrabniania ziarna gryki kształtowała się stosunkowo w wąskim zakresie – od 4,36 kJ·kg⁻¹ do 4,83 kJ·kg⁻¹. Wzrost wilgotności ziarna gryki powodował nieznaczne, aczkolwiek istotne zwiększenie wartości tego parametru, natomiast prażenie powodowało nieznaczny spadek energochłonności jednostkowej rozdrabniania.

Słowa kluczowe: gryka, wilgotność, prażenie, rozdrabnianie, energochłonność.

WSTĘP

Zboża klasyfikowane są do rodziny z rodzaju traw (*Gramineae*), natomiast grykę zalicza się do rodziny rdestowatych (*Poligonaceae*). Jednak z punktu towaroznawczego roślinę tę zalicza się do zbóż (ze względu na podobny skład chemiczny i wykorzystanie), choć klasyfikuje się ją do grupy zbóż rzekomych. Do tej grupy zalicza się grykę zwyczajną oraz grykę tatarską [14]. Gryka (*Fagopyrum esculentum*, Moench) należy do roślin jednorocznych. Po okresie ograniczonej uprawy gryki, w ostatnich latach ponownie zostały docenione jej prozdrowotne właściwości.

Ziarniaki gryki zawierają ważne biopolimery – białka i skrobię [7]. Liczne badania żywieniowe wykazują wysoką jakość biologiczną białek gryki, wynoszącą aż 92,3% wartości białek odłuszczonego mleka w proszku i 81,4% białka jaja kurzego. Cechą charakterystyczną białka gryki jest dobrze zbilansowany skład aminokwasowy o korzystnych wzajemnych proporcjach aminokwasów [15, 18, 20]. Dodatkowo białko gryki jest bogate w lizynę – egzogenny aminokwas [5]. Ciągłe rośnie zainteresowanie gryką w aspekcie żywieniowym ze względu na bardzo niską zawartość prolamin w białkach tej rośliny. Ponadto mąka gryczana może stanowić cenny składnik diety przeznaczonej dla osób cierpiących na celiakię (nietolerancja glutenu), z pewnymi ograniczeniami w początkowej fazie [4, 16]. Białka gryki wykazują silny efekt obniżający poziom cholesterolu i posiadają wysoką wartość biologiczną (BV). Natomiast wadą ich jest relatywnie niska strawność [5].

Gryka zawiera również rutynę, która jako antyoksydant wykazuje silne właściwości przeciwutleniające, pomagając w trawieniu żołądkowym, poprawia krążenie krwi, chroni przed chorobami serca, a także utrzymuje niski poziom cukru we krwi [21].

Również udział sacharydów w ziarnie gryki jest wysoki, gdyż stanowią one ok. 65% s.m. i decydują o kaloryczności nasion [19], jednak generalnie ze względu na duży udział frakcji odpornej na amylolizę w skrobi ogółem [2] skrobię gryki zalicza się do niskoenergetycznej [1]. Gryka stanowi doskonałe pożywienie dla osób z problemami metabolicznymi i diabetyków. W przemyśle farmaceutycznym i zoiolecznictwie zastosowanie znajdują przede wszystkim nadziemne części gryki szczególnie bogate w rutynę oraz miód gryczany [3].

W dotychczasowych opracowaniach niewiele uwagi poświęca się procesowi rozdrabniania ziarna gryki, dlatego też w tej pracy zajęto się tą tematyką.

METODYKA BADAŃ

Materiał badawczy stanowiło oczyszczone, przy wykorzystaniu wialni laboratoryjnej ziarno gryki odmiany Kora. Do badań użyto ziarniaki świeże o wilgotności 12% jak i poddane procesowi prażenia. Proces prażenia prowadzono w suszarce laboratoryjnej. Ziarniaki gryki prażono przez 1 h, w temperaturze 130°C i przy ciśnieniu 5,0 bar. Próbkę były prażone do zawartości wilgoci wynoszącej ok. 12%. Następnie ziarno kontrolne jak i prażone doprowadzono, przez dowlżenia bądź dosuszenie do pięciu poziomów wilgotności: 10, 12, 14, 16 i 18%. W kolejnym etapie badań przeprowadzono proces rozdrabniania wykorzystując laboratoryjny rozdrabniacz walcowy typu SK. Zastosowano cztery pasaże rozdrabniające. Walce na wszystkich pasażach ułożone były sposobem grzbiet na grzbiet. Rozdrabniacz połączono z komputerowym układem rejestracji mocy prądu. Uzyskane dane były zapisywane w plikach dyskowych, na podstawie których, dzięki specjalistycznemu oprogramowaniu wyliczano energię jednostkową rozdrabniania każdej z prób. Otrzymałą śrutę poddano analizie składu granulometrycznego przy wykorzystaniu odsiewacza Thyr 2 wraz z odpowiednim zestawem sit o wielkości oczek: 1,6, 1,0, 0,8, 0,63, 0,5, 0,4, 0,315 i 0,2 mm. Szczegółowy opis stanowiska badawczego i metody pomiaru energochłonności zostały przedstawione w opracowaniu Dzikiego i Laskowskiego [1997]. Otrzymane frakcje były ważone oraz wyznaczono ich procentowy udział. Następnie obliczono średni wymiar cząstek, wyznaczono energochłonność jednostkową rozdrabniania (iloraz energii rozdrabniania do masy rozdrobnionego ziarna) oraz wskaźnik efektywności rozdrabniania (iloraz powierzchni cząstek po rozdrobnieniu do energii rozdrabniania). Sposób wyznaczenia powyższych wskaźników przedstawiony został przez Dzikiego [2008].

Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej. Skład granulometryczny rozdrobnionego ziarna określono w trzech powtórzeniach. Natomiast energochłonność jednostkową rozdrabniania w dziesięciu powtórzeniach. Wyznaczono wartości średnie i odchylenia standardowe, jak również przeprowadzono analizę wariancji. Istotność różnic między średnimi określono, wykorzystując test Tukeya. Opisane zależności opisano równaniami regresji. Przyjęto poziom istotności $\alpha = 0,05$. Do obliczeń wykorzystano program Statistica 6.0 firmy StatSoft.

WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Analizując skład granulometryczny rozdrobnionych ziaren gryki, można zaobserwować, iż wzrost wilgotność surowca miała największy wpływ na udział frakcji najdrobniejszej (<0,2 mm). Zarówno w przypadku ziarników świeżych jak i prażonych dla śruty otrzymanej z ziarna o wyższej zawartości wody uzyskiwano przeważnie wyższy udział tej frakcji, odpowiednio od 0,1% do 10,44% w przypadku ziarna kontrolnego i od 0,1% do 11,33% przypadku surowca poddanego przed rozdrabnianiem prażeniu. Ponadto zaobserwowano, że proces dowlżania ziarna gryki

powodował wzrost udziału frakcji cząstek o wielkości powyżej 0,8 mm.

Tabela 1. Skład granulometryczny śruty gryczanej otrzymanej z kontrolnego i prażonego ziarna

Table 1. Particle size distribution of ground buckwheat received from control and roasted grain

świeże ziarniaki gryki – skład granulometryczny [%]					
	10%	12%	14%	16%	18%
>1,6	0,00	0,00	0,07	0,34	0,74
1,0-1,6	0,89	1,00	2,04	3,23	3,94
0,8-1,0	0,95	1,34	1,69	1,65	1,47
0,63-0,8	1,93	2,03	1,97	1,73	1,83
0,5-0,63	4,05	4,10	3,89	2,87	2,26
0,4-0,5	5,49	5,20	4,49	4,07	3,58
0,315-0,4	4,39	3,97	3,71	3,43	3,34
0,2-0,315	2,86	2,92	2,88	2,79	2,65
<0,2	6,56	7,17	10,44	8,28	8,90
prażone ziarniaki – skład granulometryczny [%]					
	10%	12%	14%	16%	18%
>1,6	0,00	0,00	0,01	0,02	0,10
1,0-1,6	0,28	1,13	1,64	2,41	3,59
0,8-1,0	0,20	0,30	0,41	1,66	2,04
0,63-0,8	0,73	3,06	3,54	2,69	2,05
0,5-0,63	1,45	3,54	4,03	3,31	2,54
0,4-0,5	2,00	5,64	5,03	4,34	3,63
0,315-0,4	1,63	4,25	4,06	3,70	6,95
0,2-0,315	0,99	2,93	2,83	2,64	2,88
<0,2	3,07	6,75	7,12	7,68	11,33

Udział frakcji cząstek o wielkości <0,2 mm i frakcji >0,8 mm w zależności od wilgotności ziarna przed rozdrabnianiem, przedstawiają równania:

– próba nieprażona:

$$y_{0,2} = -966,07x^2 + 299,45x - 13,945; R^2 = 0,59, \quad (1)$$

$$y_{0,8} = 146,63x^2 + 17,5x - 1,4271; R^2 = 0,98, \quad (2)$$

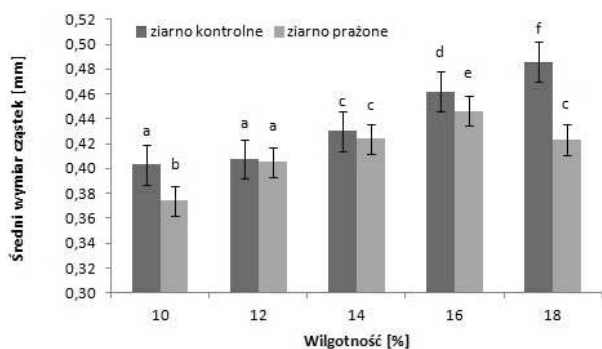
– próba prażona:

$$y_{0,2} = 87,25x - 5,025; R^2 = 0,88, \quad (3)$$

$$y_{0,8} = 496,43x^2 - 73,2x + 2,8789; R^2 = 0,99. \quad (4)$$

Z technologicznego punktu widzenia skład granulometryczny cząstek jest bardzo istotnym parametrem decydującym o właściwościach śruty, takich jak gęstość usypowa, czy też współczynniki tarcia zewnętrznego i wewnętrznego. Ponadto od składu granulometrycznego cząstek zależy przebieg wielu procesów, takich jak mieszanie, aglomerowanie, ekstrakcja czy zdolność do chłonięcia wody przez cząstki [22].

Rezultaty badań wykazały, że wzrost wilgotności ziarna powodował zwiększenie średniego wymiaru cząstek śruty, zarówno w przypadku próbek ziarna kontrolnego i prażonego (rys. 1.). Średni wymiar cząstki śruty otrzymanej ze świeżych ziarniaków kształtował się na poziomie od 0,37 mm (ziarno o wilgotności 10%) do 0,49 mm (wilgotność ziarna 18%).



Rys. 1. Średni wymiar rozdrobnionych cząstek gryki
Fig. 1. Average particle size of ground buckwheat

Można zaobserwować, że w przypadku ziarna podanego prażeniu wzrost jego wilgotności do poziomu 16% powodował zwiększenie średniego wymiaru cząstki, natomiast przy wilgotności surowca wynoszącej 18% zaobserwowano spadek wartości tego parametru. Należy to tłumaczyć osłabieniem struktury ziarna przy pewnym, granicznym poziomie zawartości wody, gdzie pomimo zwiększającej się plastyczności ziarna na skutek wzrostu zawartości wody następuje rozluźnienie struktury i łatwiejsze rozdrobnienie. Dexter i Martin [2002] wykazali na przykładzie bielma pszenicy, że po przekroczeniu pewnego poziomu wilgotności następuje osłabienie struktury ziarna na skutek naruszenia ciągłości matrycy białkowej i zmniejszania adhezji pomiędzy nią a ziarnami skrobi. Podobne zależności dla ziarna zbóż pozostałych gatunków uzyskał Dziki [2008].

Zależność między wilgotnością ziarna gryki a średnim wymiarem cząstki śruty opisano równaniami o postaci wielomianów stopnia drugiego:

– próba nieprażona:

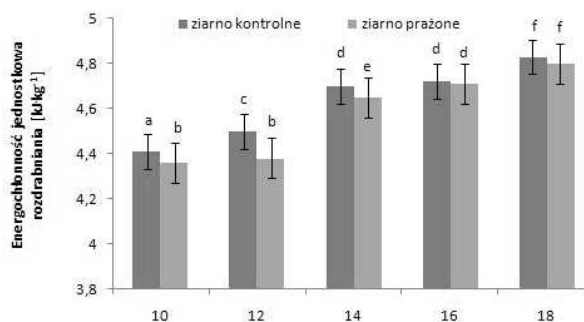
$$y=0,0009x^2-0,0134x+0,4478; R^2=0,99, \quad (5)$$

– próba prażona:

$$y=-0,0019x^2+0,0592x-0,00338; R^2=0,94. \quad (6)$$

W przypadku charakterystyki procesu redukcji wymiarów cząstek najczęściej wyznaczanym parametrem jest energia jednostkowa rozdrabniania. Na parametr ten wpływa szereg czynników, m. in. wilgotność surowca i temperatura, które determinuje jego właściwości wytrzymałościowe [8, 14, 17, 13]. Mlewniki walcowe stanowią podstawowe urządzenia wykorzystywane do rozdrabniania ziarna w przetwórstwie zbożowo-młynarskim. Urządzenia te znajdują również szerokie zastosowanie w przemyśle paszowym, działając jako śrutowniki bądź gniotowniki. Uzyskiwany efekt rozdrabniania uzależniony jest zarówno od właściwości ziarna, jak i stosowanych parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych urządzeń [12]. Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że wzrost zawartości wody w ziarnie gryki powodował niewielkie, aczkolwiek istotne zwiększenia energochłonności jednostkowej rozdrabniania (rys. 2). Prażenie ziarna powodowało natomiast nieznaczny spadek tego parametru. Energochłonność rozdrabniania kształtowała się od 4,41

do 4,83 kJkg⁻¹ w przypadku ziarna kontrolnego oraz od 4,36 do 4,80 kJkg⁻¹ w odniesieniu do surowca, który przed rozdrabnianiem poddano prażeniu. Zaznaczyć należy, że uzyskane wartości tego parametru są około czterokrotnie mniejsze niż otrzymane, przy wykorzystaniu tego samego rozdrabniacza, wartości energochłonności jednostkowej rozdrabniania ziarna pszenicy [11].



Rys. 2. Energochłonność jednostkowa rozdrabniania gryki
Fig. 2. Specific grinding energy of buckwheat

Zależność między wilgotnością ziarna gryki a energochłonnością jednostkową rozdrabniania opisano równaniami o postaci wielomianów stopnia drugiego:

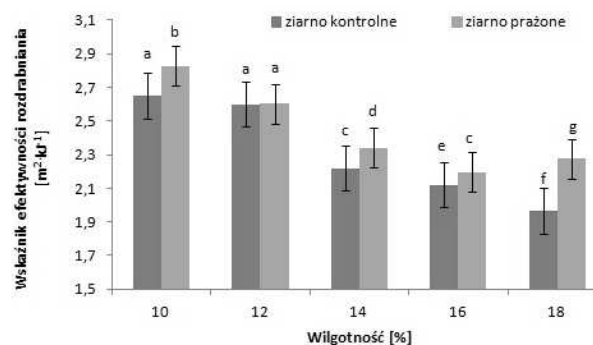
– próba nieprażona:

$$y=-0,0025x^2+0,123x+3,42; R^2=0,96, \quad (7)$$

– próba prażona:

$$y=-0,012x^2+0,0955x+3,498; R^2=0,93. \quad (8)$$

Wzrost wilgotności miał również istotny wpływ na wskaźnik efektywności rozdrabniania, powodując jego spadek, średnio od 1,97 do 2,65 m²kJ⁻¹ w przypadku ziarna kontrolnego oraz od 2,20 do 2,83 m²kJ⁻¹ w odniesieniu do ziarna prażonego. Nieco wyższe wartości wskaźnika efektywności rozdrabniania ziarna gryki poddanej obróbce termicznej przed rozdrabnianiem, w porównaniu z wartościami uzyskanymi dla ziarna kontrolnego wynikają najprawdopodobniej z osłabienia struktury ziarna gryki podczas prażenia.



Rys. 3. Wskaźnik efektywności rozdrabniania ziarna gryki
Fig. 3. Grinding efficiency index of buckwheat

Zależność między wilgotnością ziarna gryki a wskaźnikiem efektywności rozdrabniania opisano równaniami o postaci wielomianów stopnia drugiego:

– próba nieprażona:
 $y=0,0013x^2-0,1298x+3,8556$; $R^2=0,94$, (9)

– próba prażona:
 $y=0,0013x^2-0,439x+5,9477$; $R^2=0,98$. (10)

PODSUMOWANIE

Uzyskane wyniki badań wykazały, że wzrost wilgotności ziarna gryki istotnie wpłynął na skład granulometryczny śrut, a w szczególności na udział klas ziarnowych cząstek poniżej 0,2 mm i powyżej 0,8 mm. Natomiast prażenie miało stosunkowo niewielki wpływ na skład granulometryczny rozdrobnionych cząstek. Wzrost zawartości wody w ziarna gryki powodował nieznaczne zwiększenie energochłonności rozdrabniania. Niewiele niższe wartości tego parametru uzyskiwano w przypadku ziarna poddanego prażeniu. Porównując uzyskane wartości wskaźników energochłonności rozdrabniania ziarna gryki do ziarna zbóż należy stwierdzić, że gryka jest surowcem, który wymaga do dekohezji kilkunacie mniejszych nakładów energii w porównaniu na przykład do pszenicy.

Przeprowadzone badania wykazały, że wilgotność w znacznie większym stopniu wpływa na proces rozdrabniania ziarna gryki niż prażenie.

LITERATURA

- Amarowicz R., Fornal Ł. 1986.** Wartość odżywcza gryki. *Przegląd Gastronomiczny*. 4, 16-18.
- Bird A.R., Brown I.L., Topping D.L. 2000.** Starches, Resistant Starches, the gut microflora and human health. *Curr. Issues Intest. Microbiol.* 1, 25-37.
- Borokowska B., Robaszewska A. 2012.** Zastosowanie ziarna gryki w różnych gałęziach przemysłu. *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni*. 73, 43-55.
- Christa K. 2008.** Żywieniowo – profilaktyczna wartość ziarniaków gryki oraz produktów gryczanych. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*. 8, 29-30.
- Christa K., Soral-Śmietana M. 2007.** Gryka – cenny surowiec w produkcji żywności funkcjonalnej. *Przemysł Spożywczy*. 12, 36-37.
- Dexter J.E., Martin D.G. 2002.** The effects of wheat moisture content and reduction roll temperature and differentia on the milling properties of Canadian Hard Red Spring Wheat. *Association of Operative Millers – Bulletin*, July pp. 7807-7814.
- Dojczew D., Kowalczyk K. 2011.** Ogólna charakterystyka oraz właściwości prozdrowotne gryki. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 6, 14-15.
- Dziki D. 2003.** Wpływ temperatury ziarna pszenicy na proces rozdrabniania. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 2(51), 181-188.
- Dziki D. 2008.** Analiza wpływu wstępnego zgniatania ziarna zbóż na rozdrabnianie udarowe. *Rozprawy naukowe AR w Lublinie*. Z. 326.
- Dziki D., Laskowski J. 1997.** Układ pomiarowy do maszyn rozdrabniających z komputerową rejestracją danych. *IV Krajowa Konferencja. Komputerowe wspomaganie badań naukowych – materiały*, 59-60.
- Dziki D., Laskowski J. 2004.** The energy-consuming indexes of wheat kernel grinding process. *TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture IV*, 62-69.
- Dziki D., Różyło R., Laskowski J. 2011.** Wpływ ustawienia rowków walców mielących na proces rozdrabniania ziarna pszenicy. *Inżynieria Rolnicza* 4(129), 41-48.
- Fang, Ch., Campbell, G.M. 2003.** On predicting roller milling performance V: effect of moisture content on the particle size distribution from first break milling of wheat. *Journal of Cereal Science*. Nr (1) 37, 31-41.
- Jurga R. 2010.** Prawie wszystko o ziarnie gryki i jej przetworach. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*. 10, 6-10.
- Krkoskova B., Mrazova Z. 2005.** Prophylactic components of buckwheat. *Food Res. Int.* 38, 561-568.
- Kunachowicz H. 2001.** Wartość odżywcza produktów i potraw. W: *Dieta bezglutenowa co wybrać?* Wyd. Lek. PZWL, 9-25.
- Marks N., Sobol Z., Baran D. 2006.** Wpływ wilgotności na energochłonność procesu rozdrabniania ziarna zbóż. *Inżynieria Rolnicza* 3 (78): 281-288.
- Romański L., Stopa R., Niemiec A., Wiercioch M. 2006.** Wpływ wilgotności i temperatury ziarniaków pszenicy na energochłonność zgniatania. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 4 (79), 147-152.
- Soral-Śmietana M., Fornal Ł., Fornal J. 1984.** Characteristics of buckwheat grain starch and the effect of hydrothermal processing upon its chemical composition, properties and structure. *Starch/Stärke*. 5, 153-158.
- Stempińska K., Soral-Śmietana M. 2006.** Składniki chemiczne ocena fizykochemiczna ziarniaków gryki – porównanie trzech polskich odmian. *Żywność*. 2(47), 348-357.
- Wei Y., Hu X., Zhang G., Ouyang S. 2003.** Studies on the amino acid and mineral content of buckwheat protein fractions. *Nahrung/Food*. 47, 114-116.
- Zawadzki K. 2007.** Gryka jako alternatywa dla pszenicy. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 4, 27.
- Zhu K., Huang S., Peng W., Qian H., Zhou H. 2010.** Effect of ultrafine grinding on hydration and antioxidant properties of wheat bran dietary fiber. *Food Research International*. 4, 943-948.

THE INFLUENCE OF THE HUMIDITY AND ROASTING BUCKWHEAT SEED ON THE PROCESS OF GRINDING

Summary. The objective of this study was to investigate influence of moisture and roasting of buckwheat grain on the process of grinding by using a roller mill. The grain of buckwheat (cv. Kora) was used for investigation. The grain was roasted before grinding at temperature 130°C and pressure 5,0 bar. The control sample was buckwheat grain without roasting. Beside this both roasted and unroasted grains were tempered before grinding to adjust the following moisture levels: 10, 12, 14, 16 and 18%. The laboratory roller SK mill was used for buckwheat size reduction. The particles size distribution was determined and the average

particle size was calculated. Beside this the specific grinding energy and the grinding efficiency index were calculated.

The results showed that an increase of buckwheat moisture had significant influence on particle size distribution of ground material and consequently the average particle size increased. Roasting of grain had little effect of this parameter. The spe-

cific grinding energy ranged from $4.36 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $4.83 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$. An increase of moisture content caused slight increase of this parameter. In contrast, roasting resulted in the opposite effect, a slight decrease of specific grinding energy.

Key words: buckwheat, moisture, roasting, grinding, energy requirements.

Wybrane aspekty uprawy i przygotowania tytoniu do przetwórstwa na przykładzie odmiany Virginia

Justyna Tomiło, Dariusz Dziki, Renata Polak

Katedra Techniki Ciepłej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin
email: justynatomiło87@gmail.com, dariusz.dziki@up.lublin.pl, renata.polak@up.lublin.pl

Streszczenie. Celem pracy była analiza danych literaturowych dotyczących uprawy i przygotowania do przetwórstwa tytoniu odmiany Virginia oraz wymagań zalecanych przy suszeniu tego typu surowca.

Tytoń to roślina należąca do tej samej rodziny co pomidor, ziemniak czy papryka. Ogławianie czyli usuwanie kwiatostanu jest podstawowym procesem wpływającym na plon i jakość liści tytoniu. Dzięki ogławianiu wszystkie składniki powstające w wyniku fotosyntezy pozostają w liściach, gdyż nie są wykorzystywane do produkcji nasion. Kolejnym ważnym zabiegiem jest usuwanie bocznych odrostów (pasynkowanie). Pasynki są to pączki pędów bocznych wyrastające w kątach liści między łodygą a nasadką. Proces pasynkowania jest pracochłonny więc czynności związane z nim w dużej mierze ułatwiają zastosowane odpowiednie regulatory wzrostu zaaplikowane za pomocą specjalnych urządzeń bądź opryskiwaczy. Suszenie jest ostatnim etapem produkcji tytoniu, trwającym przeważnie od 5 do 7 dni. Bardzo ważne jest zapewnienie odpowiednich warunków suszenia, a w szczególności temperatury. Po wysuszeniu liście tytoniu zawierają 12-14% wilgotności.

Słowa kluczowe: tytoń, Virginia, ogławianie, pasynkowanie, suszenie.

przypadek dał początek tytoniu jasnego [8]. Liście tytoniu w okresie wegetacji są duże i jasnozielone, a całe rośliny odznaczają się zazwyczaj stożkowym pokrojem. Tytonie z tej grupy mogą być uprawiane na glebach średnio zasobnych w próchnicę, glebach lżejszych i piaszczystych, ale gleby te muszą mieć odpowiednią strukturę i być przewiewne [14, 16]. Odczyn takich gleb powinien wynosić od 5,5 do 6,5 pH [8]. W przypadku gdy gleby są bardziej zasobne dobrymi przedplonami dla tytoniu są kukurydza, rzepak oraz zboża, ale jeżeli gleby są słabsze, korzystnymi płodozmianami są rośliny motylkowe i okopowe. Niezalecane jest sadzenie rozsady tytoniu na polu, na którym wcześniej uprawiane były ziemniaki czy pomidory. Tytoń należy sadzić od końca kwietnia do połowy maja [16].

Warunki klimatyczno-glebowe a także względy historyczne sprawiły, że tytoń typu Virginia na dużą skalę uprawia się w rejonach leżajskim, lubelskim i radomskim [10, 11]. Tytoń należy do roślin ciepłolubnych, dlatego wybierając pole pod uprawę tej rośliny należy zwrócić uwagę na jego właściwe nasłonecznienie. Kierunek rzędów na takiej plantacji trzeba usytuować w taki sposób, aby chronić ją przed podmuchami zimnych wiatrów z północy i zachodu [16].

Przy uprawie tytoniu ważne jest odpowiednie nawożenie. Decyduje ono o uzyskaniu odpowiedniej wysokości plonu i liści o wysokiej jakości. Przyjmuje się, że dokarmianie roślin wpływa na wzrost plonowania od 20% do nawet 60%. Istotnym składnikiem przy uprawie Virginii jest azot. Jego niedobór obniża plon i jakość surowca [8]. Jednak przy nawożeniu azotem trzeba uważać aby nie przekroczyć zalecanej dawki – gleby lżejsze 30-45 kg azotu na ha, gleby zasobniejsze 15 kg na ha, gdyż przenażenie azotem powoduje pogorszenie jakości surowca, zwiększenie ilości białka w liściach, a także trudność żółknięcia i wysuszenia liści. Nawożenie fosforem uzależnione jest od jego zawartości w glebie (zawartość zapotrzebowania kształtuje się na poziomie 80-150 kg fosforu na ha). Nawozy te stosuje się bezpośrednio przed wsadzeniem w ziemię rozsady [16].

CHARAKTERYSTYKA TYTONIU TYPU VIRGINIA

Virginia należy do tytoni jasnych, wielkolistnych. Jest odmianą pochodzącą ze Stanów Zjednoczonych. Ten rodzaj tytoniu określa się trzema równoznacznymi synonimami: Virginia, Flue curred Tobacco (tytoń suszony ogniowo-rurowo) oraz Bright cigarette tobacco (tytoń papierosowy jasny). Dzisiejszy typ Virginia pochodzi od tytoniu ciemnego, a swoje pochodzenie zawdzięcza przypadkowi. Źródła literaturowe podają, że pracownik zajmujący się suszeniem liści tytoniowych, do wygasającego ogniska dołożył węgiel drzewny zamiast drewna, co spowodowało wyżółcenie liści a w rezultacie otrzymanie za nie znacznie wyższej ceny. Ten

Plony uzyskiwane z odmiany Virginia wynoszą około 2700-5000 kg z hektara [20]. Virginia jest podatna na mączniak i czarna zgniliznę korzeni, ale jest za to odporna na wirus brunatnienia nerwów liści [16].

PROCES OGŁAWIANIA I PASYNKOWANIA TYTONIU

Procesy ogławiania i pasynkowania są podstawowymi zabiegami wpływającymi na plon i jakość liści tytoniu. Dzięki ogławianiu wszystkie składniki powstające w wyniku fotosyntezy pozostają w liściach, gdyż nie są wykorzystywane do produkcji nasion [17]. Proces ten zależy przede wszystkim od właściwości danych odmian tytoniu a także od terminu przeprowadzenia tego zabiegu [9].

W przypadku odmiany Virginia proces ten powinien być przeprowadzony możliwie najwcześniej, ponieważ ta odmiana skłonna jest do słabszej treściwości liści, głównie w dolnych piętach. Usuwanie kwiatostanu w dużej mierze ogranicza uszkodzenia liści powstające na skutek zgnilizny podstawy łodygi, powodowanej przez grzyby. Mikroorganizmy te pojawiają się w miejscu, gdzie zwiędłe kwiaty opadają na liście tytoniu [4]. Proces ogławiania jest przeprowadzany przy użyciu specjalnych preparatów (np. opartego na alkoholu tłuszczowym n-dekanolu) odpowiedniego rozcieńczonych, którymi spryskuje się kwiatostan rośliny. Zabieg przeprowadza się, gdy kwiatostan jest już widoczny, ale przed otwarciem się pierwszego pączka kwiatowego. Następnego dnia po zastosowaniu odczynnika należy obłamać kwiatostany [28].

Usuwanie kwiatu następuje wraz z kilkoma liśćmi wierzchołkowymi. Dlatego też wyróżniamy ogławianie wysokie z jednym lub dwoma liśćmi, średnie z czterema lub pięcioma liśćmi i niskie z sześcioma lub siedmioma liśćmi. W przypadku odmian Virginia i Burley zostaje około 17-19 liści na łodydze [24].

Ogławianie stymuluje rośliny do intensywnego wytwarzania pasynków (odrostów). Usuwanie kwiatostan i boczne pędy doprowadza się do zwiększenia masy liści a także wzrasta zawartość węglowodanów i nikotyny w liściach [9, 14, 17, 27, 34]. W badaniach przeprowadzonych przez Miś [2000] stwierdzono, że usunięcie kwiatostanu powodowało również zmniejszenie ilości białka w liściach środkowych oraz wzrost ich powierzchni.

Ogławianie przyspiesza ostatni zbiór oraz zwiększa plony. Dodatkową korzyścią wynikającą z tego procesu jest stabilność rośliny, polegająca na większej odporności wytrzymałości i przeciwstawianiu się wywracaniu przez wiatr. Roślina ogłowiona wypuszcza większą ilość korzeni przybyszowych, które pozwalają na lepsze wchłanianie nawozów a także zwiększają odporność rośliny na suszę. Dodatkowo usuwając kwiatostan pozbywamy się z plantacji jaj i larw wielu insektów, mogących uszkodzić roślinę [9, 17, 27, 34].

Pomijając proces ogławiania należy się nastawić na ogromne straty plonu nawet o 25-30 kg z hektara każdego dnia (około 1% plonu dziennie) [28].

Pasynki są to pączki pędów bocznych wyrastające w kątach liści między łodygą a nasadką. Pędy te nie tylko zuży-

wają substancje pokarmowe rośliny, ale również opóźniają dojrzewanie liści. Dlatego też należy niszczyć pasynki [24]. Proces pasynkowania jest pracochłonny więc właściwe jest użycie odpowiednich środków chemicznych mających na celu zahamowanie wzrostu wypustków a także przeciwdziałanie pojawieniu się nowych pędów [19, 24]. Czynności związane z pasynkowaniem w dużej mierze ułatwiają zastosowane odpowiednie regulatory wzrostu zaaplikowane za pomocą specjalnych urządzeń bądź opryskiwaczy [15].

Wyniki badań [18] wykazały, że ogławianie i pasynkowanie roślin tytoniu ma korzystny wpływ na udział jasnych klas jakości plonu liści (I i II).

PRZYKŁADY CHOROBY DOTYKAJĄCYCH TYTONI

Choroby tytoniu głównie są powodowane przez grzyby, bakterie i wirusy. Dlatego bardzo ważne jest właściwe i wczesne rozpoznanie przyczyny choroby rośliny. Jedynie odpowiednia wiedza może pomóc w ograniczeniu choroby i jej zapobieganiu. Koniecznością jest zatem częsta weryfikacja roślin w rozsadniku i na plantacji a także szybka reakcja na zauważone zmiany chorobowe na roślinach. Jedną z najpopularniejszych chorób grzybowych tytoniu jest mączniak rzekomy (*Peronospora hyoscyami* f. sp. *tabacina*). To choroba, która atakuje tkanki miękkie liścia, występuje wyłącznie w polu [26]. Zarodniki grzyba *Peronospora hyoscyami* f. sp. *tabacina* są przenoszone przez prądy powietrzne na duże odległości. Do Polski mączniak rzekomy dociera z krajów basenu Morza Śródziemnego przez Francję i Niemcy. Pierwsze objawy choroby wywołanej przez tego grzyba to widoczne na górnej stronie liścia plamy jasnozielonkawe bądź żółte, a na dolnej stronie porażonych liści pojawia się szaroniebieski nalot [13]. Choroba ta atakuje rośliny przeważnie na przełomie czerwca i lipca, gdy temperatura wynosi 16-25°C i utrzymuje się wysoka wilgotność powietrza. Oprócz czynników atmosferycznych, chorobie w rozprzestrzenianiu się pomaga także duże zagęszczenie roślin i zachwaszczenie plantacji [26]. Szczególnie szkodliwe jest wystąpienie mączniaka we wczesnych fazach wzrostu rośliny, kiedy może on prowadzić do całkowitego zniszczenia plantacji [14].

Kolejną chorobą tytoniu jest brunatna sucha plamistość liści, powodowana przez grzyby *Alternaria alternata*. Pojawia się przeważnie pod koniec lata, w okresie zbiorów gdy liście są już dojrzałe. Pierwszymi typowymi objawami tej choroby są żółte plamy na liściach, następnie z tych plam tworzą się sferyczne, brunatne pierścienie z widocznymi obrzeżami oraz jasnym, obumartym punktem w środku, a wokół pojawia się jasna obwódka tzw. „halo”. Źródłem zakażenia może być grzybnia zimująca np. w resztkach pozbiorowych czy chorych liściach [5, 13, 14].

Do bardziej znanych chorób grzybowych tytoniu zaliczamy czarną zgniliznę korzeni (*Thielaviopsis basicola*, syn. *Chalara elegans*). Choroba ta atakuje młode rośliny. Na plantacjach rozwija się powoli, a początkowe objawy widoczne są jako słabszy wzrost roślin, przedwczesne żółknięcie liści, przypominające objawy niedożywienia oraz

więdnienie liści, nawet przy dostatecznej wilgoci w glebie. Powodem jest infekcja systemu korzeniowego objawiająca się początkowo czernieniem, gniciem a następnie zamieraniem korzeni. Struktury przetrwalne grzyba mogą utrzymywać się w glebie przez wiele lat [2, 3, 14]. Głównymi przyczynami tej choroby są skażona ziemia, niestosowanie zmianowania, nadmierna ilość opadów a także chłód [26].

Do chorób grzybowych tytoniu zaliczamy również zgniliznę podstawy łodyg (*Botrytis cinerea*) i zgniliznę twardzikową (*Sclerotinia sclerotiorum*). Tytoń jest również podatny na niektóre choroby bakteryjne i wirusowe. Szczegółowe informacje odnośnie tych chorób zastały przedstawione w opracowaniu Doroszewskiej [12, 13, 14] i Berbecia [1, 6, 7].

ZBIÓR LIŚCI TYTONIU

Zbiory dojrzałych technologicznie liści powinny odbywać się piętrami, poczynając od nadspodaków, po środkowe, podwierzchołkowe i wierzchołkowe liście [15].

Zbiór liści należy przeprowadzić wówczas, gdy liście są w pełni dojrzałe. Zbyt wczesne podrywanie liści powoduje otrzymanie surowca niskiej jakości. Pierwszym sygnałem świadczącym o dojrzałości liści jest odchylenie się ich od łodygi a także zmiana barwy nerwu głównego z zielonego na jasnokremowy z odcieniem seledynowym [28]. W przypadku odmiany Virginia dojrzałość liścia poznaje się po tym, że żyła środkowa staje się biała, liść zawieszony jest na łodydze pod kątem większym niż 90° a także blaszka liściowa jest bardziej krucha [31]. Liście tytoniu zbiera się co kilka dni. Ważne jest aby były one zbliżone pod względem dojrzałości gdyż to decyduje o składzie chemicznym uzyskanego z nich surowca tytoniowego [32]. Odpowiedni skład chemiczny liści, który spełnia standardy jakościowe związany jest z prawidłowym żywieniem roślin tytoniu. Ilość składników jaką absorbuje tytoń uzależniona jest od typu użytkowego, prowadzonej technologii uprawy (nawożenie, ogławianie, pasynkowanie), warunków glebowych (kwasowości gleby) i klimatycznych [19, 25, 32, 33].

Zebrane liście nie mogą być zostawione na słońcu, gdyż przesuszają się przed właściwym suszeniem co powoduje, że zahamowanie pożądanych reakcji chemicznych. [31].

Zbiór liści z tytoniu ogłowieonego można opóźnić do momentu zakończenia wzrostu rośliny i wykształcenia liści wierzchołkowych. Nie należy podrywać więcej niż dwa liście na raz, gdyż tylko dwa liście dojrzewają w tym samym czasie [28, 31].

SUSZENIE

Suszenie jest ostatnim etapem produkcji tytoniu. Chcąc uzyskać surowiec tytoniowy o wysokiej jakości należy liście suszyć w odpowiednich suszarniach, w których cały proces jest przeprowadzany według programu dostosowanego do cech biologicznych roślin i wymagań odbiorców [24].

Właściwe suszenie tytoniu wymaga wiedzy na temat procesów zachodzących na poszczególnych etapach a także parametrów i czasu ich trwania [30].

Głównym celem suszenia liści tytoniu jest usunięcie wody w sposób jak najbardziej naturalny. Proces ten sprowadza się do czterech etapów [16]. W pierwszej fazie suszenia następuje żółcienie mające na celu rozkład chlorofilu. Przebiega ono w temperaturze 30°C, w całkowitej ciemności. Etap ten trwa do momentu gdy 75% blaszki liściowej uzyska odcień żółty, czyli około 40-60 h [16, 31]. Kolejnym etapem jest suszenie blaszki liściowej polegające na stopniowym podnoszeniu temperatury co 5°C, począwszy od temperatury 30°C a skończywszy na 55-60°C przez 6 godzin. Kluczową rzeczą przy tym etapie jest wpuszczanie powietrza do suszarni przed podnoszeniem temperatury. Dodatkowo ważne jest zachowanie prawidłowego stosunku wydajności wentylatorów pracujących na dole suszarni do wydajności wentylatorów na górze suszarni. Podczas suszenia blaszki liściowej wentylatory muszą być otwarte, ponieważ w tym etapie suszenia pozbywamy się największej ilości wilgoci. Trzecim etapem jest suszenie nerwu głównego mające na celu pozbycie się reszty zawartości wody. Podczas tego etapu wentylatory są zamknięte a proces suszenia przebiega przy stopniowo zwiększającej się temperaturze do 65°C [28]. Po wysuszeniu liście tytoniu zawierają około 12-14% wody [16]. Dlatego ważne jest odpowiednie nawilżanie wysuszonego tytoniu do odpowiedniej wilgotności (najczęściej do ok. 18%) aby można było wyjąć go z suszarni i zdjąć z drutów. Takie nawilżanie dokonuje się poprzez zostawienie suszarni otwartej na noc, a wilgoć z powietrza odpowiednio nawilży tytoń. Suszenie liści odmiany Virginia trwa 5-7 dni [16, 28].

SUSZARNIE DO TYTONIU

Najczęściej wykorzystywanymi suszarniami do suszenia tytoniu odmiany Virginia są suszarnie ogniowo-rurowe w systemie tradycyjnym – to starsze konstrukcje, często nie mające odpowiedniej izolacji cieplnej, co powoduje zwiększenie opał [30]. W takich suszarniach ciężko jest utrzymać odpowiednią temperaturę, co z kolei prowadzi do obniżenia jakości wysuszonego tytoniu [15]. Dodatkową wadą tych instalacji jest niewielka wydajność oraz potrzeba nabijania liści tytoniowych na druty. Długi okres od zerwania liści do załadunku do suszarni powoduje duże straty suchej masy i powstawanie niekorzystnych zmian biochemicznych [30]. Z ekologicznego punktu widzenia są to suszarnie emitujące ogromne ilości zanieczyszczeń do atmosfery (w tym również dwutlenek siarki) [15]. Po załadunku liści do takiej suszarni należy koniecznie usunąć liście, które spadły z drutu na siatkę. Bardzo ważne jest aby w czasie palenia sprawować ciągły nadzór nad suszarnią [21].

Do suszenia tytoniu wykorzystuje się także suszarnie ogniowo-rurowe zmechanizowane. Są to urządzenia, w których zastosowano płyty izolacyjne lub ocieplenie ścian (zmniejszenie zużycia opału). Dodatkowo takie urządzenia wyposażono w wieszaki igłowe (zmniejsza się pracochłonność) oraz wentylatory (wymuszony przepływ powietrza). Koszty takiej modernizacji są niewielkie ale uzyskuje się możliwość wysuszenia większej ilości liści tytoniowych [30].

Do zabiegu odwadniania tytoniu można również wykorzystywać suszarnie wyposażone w piec olejowy, które są sterowane półautomatycznie lub nawet są w pełni zautomatyzowane. Innym przykładem modernizacji jest budowa nowych suszarni zgodnie z projektami producentów pieców olejowych [30]. Stosowane są również suszarnie kontenerowe – to urządzenia pozwalające na pełną kontrolę parametrów procesu suszenia, a także dopasowania ich do potrzeb tytoniu [23]. Dodatkowo zastosowanie wieszaków igłowych umożliwia zredukowanie nakładów pracy przy załadunku suszarni. Suszarnie kontenerowe mogą być również wykorzystywane do suszenia innych płodów rolnych [30].

SKŁADOWANIE LIŚCI TYTONIU PO PROCESIE SUSZENIA ORAZ PRZYGOTOWANIE DO SPRZEDAŻY

Wysuszone liście w oczekiwaniu na sprzedaż muszą być przechowywane w odpowiednich magazynach, o wystarczająco dużej powierzchni, aby można było w nich przeprowadzać również segregację liści [15]. W magazynach musi panować odpowiednia temperatura (najlepiej od 0 do 8°C) i wilgotność powietrza w zakresie 70-80%. Dodatkowo pomieszczenie takie musi być chłodne, przewiewne i zaciemnione. Dla zapewnienia takich warunków, magazyn musi posiadać odpowiednią wentylację, izolację ścian a także do wnętrza budynku nie może się dostawać światło dzienne [22].

Składając wysuszony tytoń do magazynu należy usunąć liście, które mają niedosuszone nerwy, ponieważ mogą one pleśnieć i gnić, a w konsekwencji spowodować zniszczenia całego surowca. Zalecany sposób składowania liści jest ich układanie na drewnianych paletach. Palety te są wyłożone specjalnym materiałem przepuszczającym powietrze i nie absorbującym wilgoci. Surowiec z poszczególnych pięter łądygi tytoniu należy układać oddzielnie. Przygotowane w taki sposób do przechowywania liście należy ciągle kontrolować, aby nie dopuścić do pleśnienia [22].

Przygotowanie wysuszonych liści tytoniowych do sprzedaży jest istotnym etapem produkcji tytoniu. Proces ten składa się z sortowania i belowania liści. Sortowanie jest procesem polegającym na rozdzieleniu wysuszonych liści na poszczególne klasy biorąc pod uwagę położenie na łądydze, strukturę, kolor, uszkodzenia chorobowe oraz wielkość liści. Etap ten powinien odbywać się w pomieszczeniu o odpowiedniej wilgotności, które posiada stanowiska do sortowania (stół o wymiarach co najmniej 90 x 120 cm) oraz oświetlenie jarzeniowe. Sortowane liście muszą mieć blaszkę liściową o wilgotności poniżej 19%, gdyż przesortowany tytoń jest trudniej dosuszyć. Posortowane liście beluje się w bele o wymiarach 60 x 80 cm (szerokość x długość). Masa beli tytoniowej nie może być wyższa niż 40 kg. Przygotowana bela powinna być związana sznurkiem z naturalnych włókien (sznurek liniano-konopny) [29].

PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonej analiza danych literaturowych dotyczących uprawy i przygotowania do przetwórstwa tytoniu odmiany Virginia można stwierdzić, że uzyskanie dobrego jakościowo tytoniu wymaga szereg kompleksowych zabiegów, zarówno na etapie uprawy, jak i podczas suszenia liści, które trwa do kilku dni i wymaga stosowania odpowiedniej temperatury. Szczególnie w tym zakresie potrzebne są rozwiązania, które pozwoliłyby na skrócenie czasu odwadniania tytoniu, przy zachowaniu odpowiednich cech jakościowych. Powszechnie wiadomo jest, że proces suszenia tytoniu pochłania ok. 90% nakładów energii na jego produkcję. Tym bardziej przyszłe prace powinny być prowadzone pod kątem rozwiązań prowadzących do zmniejszenia energochłonności tego procesu.

LITERATURA

1. **Berbec A. 2003.** Ochrona tytoniu przed najważniejszymi chorobami wirusowymi występującymi w Polsce (PVY i TSWV) i ich przenosicielami: mszycą brzoskwińową-ziemniaczaną i wciornastkiem tytoniowcem. *Przegląd Tytoniowy*. 1, 7-13.
2. **Berbec A. 2004.** Hodowla odmian tytoniu Virginia odpornych na czarną zgniliznę korzeni. *Przegląd Tytoniowy*. 4, 2-4.
3. **Berbec A. 2006.** Wirgo 1 (VRG1) i VRG 2 – nowe odmiany tytoniu Virginia odporne na czarną zgniliznę korzeni. *Przegląd Tytoniowy*. 2, 3-4.
4. **Berbec A. 2007.** Uprawa odmian tytoniu Virginia odpornych na czarna zgniliznę korzeni. IUNG-PIB. ISBN-978-83-89576-93-7.
5. **Berbec A. 2008.** Bakteryjna plamistość tytoniu w Polsce. *Przegląd Tytoniowy*. 4, 5-6.
6. **Berbec A. 2009.** Zgnilizna twardzikowa na tytoniu. *Przegląd Tytoniowy*. 1, 9.
7. **Berbec A. 2011.** Choroba brązowej plamistości pomidora na tytoniu – znaczenie zabiegów prowadzonych poza plantacją. *Przegląd Tytoniowy*. 1, 5-7.
8. **Biskup J. 2000.** Podstawowe wiadomości o tytoniu Virginia. *Przegląd Tytoniowy*. 11, 3-5.
9. **Collins W. K. 1995.** Po wysadzeniu rozsady. *Tytoń Polski*. 4/13, 10-13.
10. **Doroszevska T., Doroszevski A. 2000a.** Rejonizacja uprawy tytoniu w Polsce – część I. *Przegląd Tytoniowy*. 8, 3-4.
11. **Doroszevska T., Doroszevski A., 2000b.** Rejonizacja uprawy tytoniu w Polsce – część II. *Przegląd Tytoniowy*. 10, 3-5.
12. **Doroszevska T. 2005.** Nowe szczepy wirusa Y ziemniaka (PVY) zagrożeniem dla tytoniu. *Przegląd Tytoniowy*. 2, 6-8.
13. **Doroszevska T. 2007.** Najważniejsze choroby i szkodniki tytoniu. *Więś Jutra* 7(108), 35-37.
14. **Doroszevska T. 2012.** Metodyka integrowanej odmiany roślin dla uprawy tytoniu. IUNG. – www.minrol.gov.

- pl/pol/.../Metodyka%20tytoniu%20dla%20rolnika.pdf – data pobrania 10.12.2013.
15. **Kościk B., 1998:** Modernizacja produkcji liści tytoniu. *Nowoczesne Rolnictwo*. 7, 37.
 16. **Lewandowski A. 2000.** Charakterystyka odmian typu Virginia i ważniejsze zalecenia agrotechniczne. *Przegląd Tytoniowy*. 7, 4-6.
 17. **Miś T. 1999.** Wpływ ogławiania i pasynkowania na wysokość i jakość plonów liści tytoniu. *Biuletyn Regionalny Zakładu Upowszechniania Postępu Doradztwa Rolniczego. Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie*. 319, 23-26.
 18. **Miś T. 2000.** Wpływ szerokości międzyrzędzi oraz zabiegów ogławiania i pasynkowania na plon i jakość liści tytoniu papierosowego jasnego. *Acta Agraria et Silvestria. Series Agraria*. Vol. 38, 11-26.
 19. **Miś T. 2001.** Wielkość plonu handlowego i jakość liści tytoniu Virginia (odmiana Wiślica) w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych. *Acta Agraria et Silvestria. Series Agraria*. Vol. 39, 121-136.
 20. **Pawelek E. 2000.** Zbiór i suszenie Virginii w regionie leżajskim. *Przegląd Tytoniowy*. 9, 6-9.
 21. **Redakcja PT. 2000.** Pamiętajmy o podstawowych zasadach ochrony przeciwpożarowej w suszarniach ogniowo-rurowych. *Przegląd Tytoniowy*. 5, 13.
 22. **Redakcja PT. 2001.** Jak prawidłowo składować tytoń po wysuszeniu. *Przegląd Tytoniowy*. 8, 5-6.
 23. **Stasiak M. 2000.** Nowoczesne suszarnie tytoni jasnych. *Przegląd Tytoniowy*. 8, 2-3.
 24. **Stasiak M. 2001.** Urządzenia do ogławiania i pasynkowania roślin. *Przegląd Tytoniowy*. 6, 9-11.
 25. **Stocks G. R., Whitty E. B. 1994.** Delayed topping effects on the field, value and leaf chemical components of photoperiod – sensitive flue – cured tobacco. *Tab. Sci*. 38, 90-93.
 26. **Strona internetowa:** <http://www.zdrowa-ziemia.pl/badania/228-glowne-choroby-tytoniu-wystepujce-w-polsce> [data pobrania 25.02.2014].
 27. **Tso T. C. 1990.** Production, physiology and biochemistry of tobacco plant. *Institute of International Development and Education in Agricultural and Life Science, Baltsville, Maryland, USA*. Spacing, 83-90.
 28. **Uniwersal Leaf Tobacco Poland. 1998.** Zalecenia i rady dotyczące ogławiania, podrywania i suszenia tytoniu. *Przegląd Tytoniowy*. 6, 4-6.
 29. **Universal Leaf Tobacco Poland. 2000a.** Komentarz przygotowywania tytoniu Virginia do sprzedaży. 10, 2-3.
 30. **Uniwersal Leaf Tobacco Poland. 2000b.** Suszarnie do tytoniu. *Przegląd Tytoniowy*. 4, 8-10.
 31. **Uniwersal Leaf Tobacco Poland. 2001.** Zbiory i suszenie tytoniu. *Przegląd Tytoniowy*. 7, 2-8.
 32. **Wiśniewska-Kielian B. 1998.** Dynamika pobierania oraz rozmieszczenie glinu i manganu w roślinach tytoniu papierosowego jasnego. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 456, 225-232.
 33. **Wiśniewski J., Bielińska E. J. 1999.** Jakość polskiego tytoniu. *Przegląd Tytoniowy*. 11, 14-16.
 34. **Wiśniewski J. Szewczuk Cz. 1992.** Wpływ rozstawy rzędów oraz ogławiania i pasynkowania tytoniu na plony i cechy jakościowe liści. *Fragmenta Agronomica*. 3(35), 89-95.

SELECTED ASPECTS OF CULTIVATION AND
THE PREPARATION OF TOBACCO FOR PROCESSING
ON THE EXAMPLE OF THE VIRGINIA VARIETY

Summary. The aim of the work was the analysis of the literature data concerning the cultivation and the preparation of tobacco (cv. Virginia) for processing. Beside this the drying requirements were presented.

Tobacco is the plant belonging to the same family as tomato, potato or paprika. The removal inflorescence is the basic process affecting yield and quality of tobacco leaves. As a result, all of the ingredients resulting from photosynthesis accumulate in the leaves and they are not used for the production of seeds. Another important treatments is to eliminate side growths (removal shoots). These are side shoots growing in the axils of leaves between the stem and the cap. It is laborious process thus the using growth regulators applied by means of sprayers is recommended. Drying is the last stage of manufacture of tobacco, lasting usually from 5 to 7 days. It is very important to ensure appropriate drying conditions, and in particular temperature. After drying, the leaf tobacco contain 12-14% (wb.) moisture.

Key words: tobacco, Virginia, topping, shoots removal, drying.

Ocena cech jakościowych makaronów błyskawicznych

Justyna Tomiła, Dariusz Dziki, Anna Juryeka-Chrzanowska

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Techniki Ciepłej, ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin

Streszczenie. Celem pracy była ocena cech jakościowych makaronów błyskawicznych wyprodukowanych przez krajowych i zagranicznych producentów. Do badań wykorzystano pięć rodzajów wyrobów, które przygotowano przez zalewanie wrzątkiem. Przeprowadzone badania objęły określenie wilgotności, ocenę sensoryczną makaronu przed ugotowaniem, badanie wskaźnika przyrostu wagowego, oznaczenie strat suchej substancji, ocenę sensoryczną makaronu gotowego do spożycia oraz ocenę cech tekstury makaronu metodą instrumentalną.

Stwierdzono, że dłuższy czas rehydracji makaronów powodował wzrost wskaźnika przyrostu wagowego średnio od 2,71 do 3,22. Straty suchej substancji makaronów przygotowanych przez zalanie wrzątkiem wynosiły średnio od 4,50 do 7,90%. Wyniki oceny organoleptycznej makaronów wykazały, że najniższą łączną sumę punktów uzyskiwał po każdym czasie rehydracji makaron pszenny wyprodukowany z dodatkiem szpinaku, a najwyższą makaron z mąki ryżowej. Wraz z wydłużeniem czasu rehydracji makaronów zmniejszała się praca jednostkowa zgniatania (średnio od 132,3 do 57,1 mJ·g⁻¹).

Słowa kluczowe: makaron błyskawiczny, cechy jakościowe, wskaźnik przyrostu wagowego, straty suchej masy.

WSTĘP

Intensywny tryb życia i zmiany zwyczajów żywieniowych dzisiejszych konsumentów spowodowały wzrost spożycia produktów, które są łatwe i szybkie do przygotowania. Produktami, które spełniają te wymogi są wyroby makaronowe, a w szczególności makarony błyskawiczne, które w połączeniu z odpowiednimi dodatkami stanowią pełnowartościowy posiłek [14, 21].

Makaron jest produktem lekkostrawnym, którego podstawowym składnikiem są węglowodany [8]. Wyroby te mogą być stosowane w żywieniu diabetyków, gdyż ich spożycie nie powoduje szybkiego wzrostu glukozy we krwi. Dodatkowo białka makaronu są ubogie w lizynę i treoninę. Makaron jest produktem o niskiej zawartości tłuszczu, przy

tym dostarcza wielu cennych składników (fosfor, żelazo, selen, witaminę B) [12].

Producenci makaronów mają bardzo dużo ofert dla konsumentów, aby zaspokoić ich gusta, dbają o odpowiedni smak i wygląd wyrobów, a także o to aby te produkty dostarczały odpowiednią porcję energii naszemu organizmowi. Receptury są ciągle udoskonalane, łączone jest doświadczenie z tradycją a także wprowadzane są nowe kształty (zastosowanie odpowiedniej matrycy) i dodatki do makaronów [4].

Ostatnio coraz większym zainteresowaniem cieszą się makarony podgotowane i błyskawiczne. Zastosowane w ich przypadku procesy technologiczne sprawiają, że czas przygotowania do spożycia tych wyrobów jest znacznie krótszy, niż w przypadku makaronów tradycyjnych [12]. Szybki a także dynamiczny rozwój małej gastronomii, jak również wzrastająca popularność „wygodnej żywności” przyczyniły się do powstawania makaronu typu instant – nie wymagającego gotowania [9, 23]. Ten makaron jest wykorzystywany przez przemysł koncentratów spożywczych, gastronomię a także przez gospodynie domowe w wielu krajach. Makaron instant charakteryzuje się krótkim czasem przyrządzenia, wystarczy tylko 2-2,5 min. rehydratyzowania po zalaniu wrzącą wodą [9, 18].

Makarony instant to zazwyczaj produkty drobne o niewielkiej średnicy lub cienkościenne, dlatego też warunkiem ich wytwarzania jest stosowanie semoliny – kaszki o drobnej i wyrównanej granulacji (uzyskiwanej z przemiału pszenicy *durum*), co korzystnie wpływa na szybkość i równomierność hydratacji wyrobu [16, 22].

Polski rynek oferuje wiele makaronów instant, jednak w większości są one importowane z Indonezji, Tajlandii czy Chin [19]. Makarony azjatyckie są często produkowane z mąki z pszenicy zwyczajnej [18], zawierającej mniej białka niż semoliny [11].

W ostatnich latach obserwuje się duży wzrost produkcji makaronów z surowców inne niż semolina czy mąka ma-

karonowa z pszenicy zwyczajnej, a mianowicie makarony z dodatkiem kaszek ryżowych, kukurydzianych, jęczmieniowych czy owsianych, makarony wzbogacone dodatkiem mąki sojowej czy też wzbogacone mikroelementami. [5, 6]. Makaron z mąki ryżowej ma wygląd półprzezroczystych, cienkich wstążek. Charakteryzuje się delikatnym smakiem, nie klei się po ugotowaniu, jest lekkostrawny [7]. W krajach zachodnich dostrzega się wzrost zainteresowania makaronami orientalnymi, wywodzącymi się z Dalekiego Wschodu, w których składzie znajdują się: mąka ryżowa, kukurydziana, sorgo, proso, nasiona roślin strączkowych, bataty [5]. W produkcji tych makaronów technologia zmierza do wydobycia potencjalnych możliwości skrobi zawartej w surowcu jako podstawowego lepszycza. Polega ona na ogrzaniu wyłoczonego i ukształtowanego ciasta w celu kleikowania zawartej w nim skrobi i nadania jej specyficznej struktury [15].

Producenci barwią makarony aby uatrakcyjnić ich wygląd poprzez zastosowanie dodatku produktów, które naturalnie posiadają intensywny kolor. Produkty barwiące makaron dodaje się przed procesem suszenia. Kolorowe makarony powstają przez dodatek szpinaku, dyni lub kabaczków, suszonych pomidorów, papryki lub marchwi, soku z pomidorów lub buraków ćwikłowych (makaron fioleto- wy), barwnika uzyskanego z kałamarnic lub mątw, a także makaron szkarłatny wyprodukowany z dodatkiem szarlatu wyniosłego (amarantusa) [3].

Makarony instant pod względem jakościowym powinny być oceniane na każdym etapie procesu produkcji, ponieważ parametry procesu wyrobu makaronów mają ogromny wpływ na jakość gotowego produktu [1, 10, 13]. Oceniając wyroby makaronowe bierze się pod uwagę przede wszystkim ich cechy sensoryczne, takie jak barwa bowiem od wszystkich typów makaronów instant wymaga się jasnej barwy [10, 24].

W dotychczasowych opracowaniach zbyt mało uwagi poświęca się ocenie cech jakościowych makaronów błyskawicznych, dlatego też w tej pracy zajęto się tą tematyką.

METODYKA BADAŃ

Materiał badawczy stanowiły makarony wyprodukowane w Polsce, Indonezji, Tajlandii oraz Holandii. Do badań wykorzystano 5 rodzajów tych produktów (tab. 1), które przygotowano przez zalewanie wrzątkiem. Przeprowadzone badania objęły określenie wilgotności makaronów, ocenę sensoryczną makaronu przed ugotowaniem, badanie wskaźnika przyrostu wagowego, oznaczenie strat suchej substancji, ocenę sensoryczną makaronu gotowego do spożycia oraz ocenę cech tekstury makaronu metodą instrumentalną. Badanie wskaźnika przyrostu wagowego przeprowadzono poddając 100 gramowe próbki makaronu uwodnieniu poprzez zalanie wrzątkiem. Za podstawowy czas przygotowania makaronu przyjęto czas podany przez producenta na opakowaniu. Dodatkowo pomiary wykonano po czasie przygotowania dłuższym od czasu podstawowego o 25, 50, 75 i 100%. Tak przygotowane próbki wykorzystano do badań cech tekstury przy wykorzystaniu maszyn

wytrzymałościowej. Pojedyncze kawałki makaronu ważono a następnie układano na dolnej płycie urządzenia i zgniatano płytą górną do odległości między płytami wynoszącej 0,5 mm. Bazując na uzyskanych charakterystykach określono pracę zgniatania makaronów oraz obliczono pracę jednostkową zgniatania.

Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej. Wyznaczono wartości średnie i odchylenia standardowe, jak również przeprowadzono analizę wariancji. Istotność różnic między średnimi określono, wykorzystując test Tukeya. Opisane zależności opisano równaniami regresji. Przyjęto poziom istotności $\alpha = 0,05$. Do obliczeń wykorzystano program Statistica 6.0 firmy StatSoft.

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

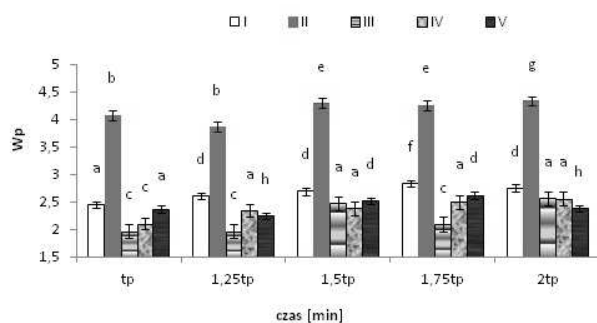
Wilgotność makaronów (tab. 1) zawierała się w przedziale od 8,6% (próba I) do 13,5% (próba III). Prawidłowa wilgotność makaronu zalecana przez Polską Normę [17] nie powinna przekraczać 12,5%. Wyższa wilgotność tych produktów może doprowadzić do rozwoju pleśni i grzybów. Spośród badanych makaronów próba III i IV charakteryzowały się wyższą zawartością wody niż ta zalecana przez normę, co może negatywnie wpływać na ich trwałość przechowalniczą.

Tabela 1. Charakterystyka badanych makaronów
Table. 1. Characteristics of investigated pasta

Nr próby	Kod producenta	Nazwa makaronu	Wilgotność [%]
I	M1	Makaron szpinakowy błyskawiczny	8,6±0,11
II	M2	Makaron ryżowy nitki	10,2±0,08
III	M3	Makaron ryżowy wstążki	13,5±0,14
IV	M4	Makaron chiński Mie	13,4±0,18
V	M5	Graham – makaron razowy	11,1±0,09

Badania cech jakościowych makaronów przed przygotowaniem wykazały, że wszystkie produkty nie były pokruszone. Nie stwierdzono także obecności zanieczyszczeń czy szkodników. Makarony opakowano estetycznie, wszystkie wyroby posiadały informację o sposobie ich przygotowania i datę określającą przydatność do spożycia. Zapach półproduktów był specyficzny, charakterystyczny dla danego rodzaju i zależał od użytych składników do jego produkcji.

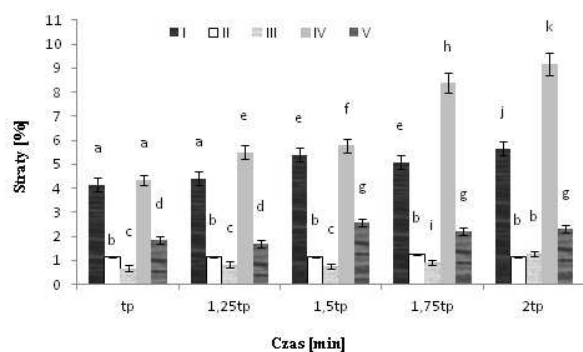
Rozpatrując wskaźnik przyrostu wagowego (Wp) stwierdzono, że dla większości badanych makaronów poddanych zalaniu wrzątkiem dłuższy czas przygotowania powodował wzrost tego wskaźnika (rys. 1). Najwyższe wartości tego parametru otrzymano dla makaronu ryżowego nitki – próba II (od 3,87 do 4,33), zaś najmniejszym makaron chiński – próba IV (od 1,97 do 2,57). Wartość tego wskaźnika kształtują się podobnie do wartości uzyskiwanych dla makaronów przygotowywanych w sposób tradycyjny przez gotowanie [7]. Przeważnie wartości Wp dla makaronów zawierają się w przedziale od 2 do 4 [20]. Przyjmuje się, że dla dobrej jakości makaron wskaźnik przyrostu wagowego powinien wynosić 3 [16].



Rys. 1. Wskaźnik przyrostu wagowego makaronów po różnym czasie przygotowania; wartości oznaczone tymi samymi literami, nie różnią się istotnie ($\alpha=0,05$)

Fig. 1. Weight increase index after different time of preparation; the values designated by the different letters are statistically significantly different ($\alpha = 0.05$)

W przypadku strat suchej substancji makaronów stwierdzono, że dla wszystkich prób dłuższy czas przygotowania powodował wzrost tego parametru. Zależność strat suchej masy od czasu jaki upłynął po zalaniu makaronu wrzątkiem przedstawiono na rys. 2.

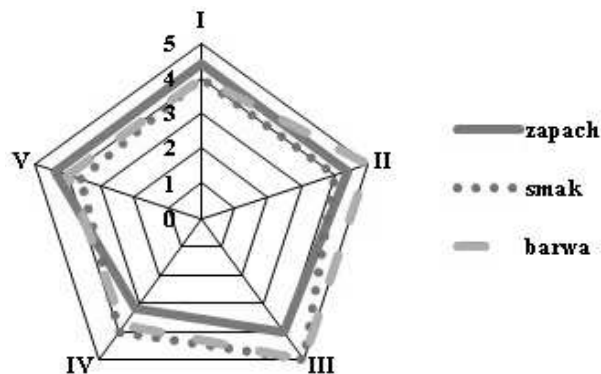


Rys. 2. Zależność strat suchej masy od czasu jaki upłynął po zalaniu makaronu wrzątkiem; wartości oznaczone tymi samymi literami, nie różnią się istotnie ($\alpha=0,05$)

Fig. 2. Relationship between cooking losses and the time of pasta preparation; the values designated by the different letters are statistically significantly different ($\alpha = 0.05$)

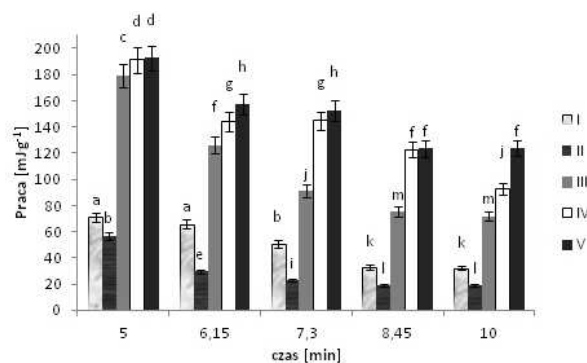
Najwyższe wartości strat zanotowano dla makaronu chińskiego (próba IV) od 4,36% do 9,18%, zaś najniższe straty suchej substancji zauważono dla próby III – makaronu ryżowego wstążki – od 0,68% do 1,29%. Dobrej jakości makaron nie powinien wykazywać wyższych strat niż 8% [16].

Po przeprowadzeniu punktowej oceny organoleptycznej stwierdzono, że najwyższą liczbę punktów po podstawowym czasie przygotowania uzyskał makaron ryżowy – próba II – i makaron ryżowy próba III – 39 punktów, zaś najniższą liczbę 33 punktów otrzymał makaron błyskawiczny wyprodukowany z dodatkiem szpinaku – próba I. Niższe noty przyznane dla tego makaronu wynikały z mniejszej jędrności, gumowatości i adhezyjności tego wyrobu. Ponadto makaron ze szpinakiem charakteryzował się gorszym smakiem i barwą w odniesieniu do pozostałych produktów.



Rys. 3. Punktowa ocena organoleptyczna zapachu, smaku i barwy makaronów gotowych do spożycia

Fig. 3. The organoleptic assessment of pasta



Rys. 4. Praca jednostkowa zgniatania makaronów zalanych wrzątkiem; wartości oznaczone tymi samymi literami, nie różnią się istotnie ($\alpha=0,05$)

Fig. 4. The specific crushing work of noodles; the values designated by the different letters are statistically significantly different ($\alpha = 0.05$)

W przypadku wszystkich makaronów dłuższy ich czas przygotowania wpływał niekorzystnie na określone wyróżniki jakościowe powodując uzyskanie za nie niższych not. Największy spadek jakości na skutek wydłużenia czasu rehydratacji makaronu zaobserwowano w przypadku makaronu chińskiego (próba IV). Dla tego makaronu dwukrotne wydłużenie czasu przygotowania spowodowało spadek punktacji o 15 punktów. Najniższy spadek jakości odnotowano w odniesieniu do makaronu wstążki wyprodukowanego z mąki ryżowej (próba III) tylko o 3 punkty (rys. 3).

Rozpatrując pracę jednostkową zgniatania makaronów stwierdzono, że dla wszystkich badanych produktów, dłuższy czas przygotowywania tych produktów powodował obniżenie tego parametru (rys. 4).

Najwyższe wartości pracy jednostkowej zgniatania otrzymano dla makaronu z mąki razowej (próba V) odpowiednio od 192,7 do 123,8 $\text{mJ}\cdot\text{g}^{-1}$. Natomiast najniższe wartości dla tego parametru uzyskano dla próby II – makaron ryżowy nitki (od 57,0 do 19,2 $\text{mJ}\cdot\text{g}^{-1}$).

PODSUMOWANIE

Dłuższy czas rehydratacji makaronów powodował wzrost wskaźnika przyrostu wagowego średnio o 2,71

do 3,22. Straty suchej substancji makaronów przygotowanych przez zalanie wrzątkiem wynosiły średnio od 4,50 do 7,90%. Wyniki oceny organoleptycznej makaronów wykazały, że najniższą łączną sumę punktów uzyskiwał po każdym czasie rehydratacji makaron wyprodukowany z dodatkiem szpinaku, a najwyższą makaron z mąki ryżowej. Wyniki uzyskane na podstawie testu zgniatania badanych wyrobów wykazały, że wraz z wydłużeniem czasu rehydratacji makaronów zmniejszała się praca jednostkowa zgniatania (średnio od 132,3 do 57,1 mJ·g⁻¹).

Podsumowując można stwierdzić, że dłuższy czas przygotowywania makaronów błyskawicznych wpływa negatywnie na ich cechy jakościowe.

LITERATURA

1. **Bin Xiao Fu. 2008.** Asian noodles: History, classification, raw materials, and processing. *Food Research International*. 41: 888-902.
2. **Czerwińska D. 2011.** Makarony – rodzaje, wartość odżywcza i walory zdrowotne. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*. 7, 12-13.
3. **Czerwińska D. 2013.** Czynniki wpływające na barwę makaronów. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*. 4, 23.
4. **Czerwińska D. 2013.** Rodzaje makaronów. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*. 5, 16.
5. **Czerwińska D. 2013.** Wpływ dodatków białkowych na jakość makaronów. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*. 10, 9-12.
6. **Czerwińska D. 2014.** Charakterystyka i wykorzystanie kulinarne makaronów orientalnych. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*. 1, 11.
7. **Dziki D., Renata R., Biernacka B. 2010.** Wpływ czasu gotowania na właściwości fizyczne makaronów formy spaghetti. *Acta Agrophysica*. 16(1), 35-48.
8. **Gawęcki J., Hryniewiecki L. 2000.** *Żywność człowieka. podstawy nauki o żywieniu*. Warszawa. PWN, 145. ISBN 83-01-13294-9.
9. **Galiński G., Jeżewska M., Przygodzki R., Remiszewski M. 2003.** Porównanie wartości odżywczej wybranych makaronów instant. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 2(35), 118-124.
10. **Hou G., Kruk M. 1998.** Asian noodle Technology. *Technical Bulletin*. 20: 1-10.
11. **Kim S. K. 1996.** Instant Noodles Technology. *Cereal Foods World*. 41: 213-218.
12. **Kowalczyk I. 1998.** Makarony – skład, technologia, jakość. *Food Service*. 1, 32-33.
13. **Lan T. T., Bui Darryl M. Small. 2007.** The influence of formulation and processing on stability of thiamin in three styles of Asian noodles. *Food Chemistry*, 102(4): 1394-1399.
14. **Marciniak-Łukasiak K., Ciszek G. 2011.** Wpływ wybranych czynników na jakość makaronów instant. *Przemysł Spożywczy*. 11, tom 65, 44-46.
15. **Obuchowski W. 2002.** Makarony z nietypowych surowców. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*. 2, 34-35.
16. **Obuchowski W. 1997.** Technologia przemysłowej produkcji makaronu. *Akademia Rolnicza Poznań*. 1-63.
17. **Polska Norma PN-91/A-74017 „Przetwory zbożowe i makaron. Pakowanie, przechowywanie i transport”.**
18. **Polska Norma PN-V-74005-2004 „Makarony specjalny”.**
19. **Sobota A., Łuczak J. 2010.** Badania składu chemicznego makaronów instant. *Bromatologia. Chemia. Toksykologia*. XLIII(4): 515-522.
20. **Sobota A., Skwira A. 2009.** Właściwości fizyczne i skład chemiczny makaronów wytłaczanych. *Acta Agrophysica*. 13, 245-260.
21. **Wójtowicz A. 2001.** Wpływ typu oraz wilgotności mąki ma wydajność ekstrudera przy wytwarzaniu makaronów błyskawicznych. *Inżynieria Rolnicza*. 10, 397-403.
22. **Wójtowicz A., Mościcki L. 2006.** Makarony tradycyjne i błyskawiczne – aspekty techniczne i technologiczne. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*. 8, 26-29.
23. **Wójtowicz A., Mościcki L. 2013.** Ekstruzja w przemyśle rolno-spożywczym cz. 10. Makarony błyskawiczne. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*. 10, 14-16
24. **Yu-Chan Huang, Hsi-Mei Lai. 2010.** Noodle quality affected by different cereal starches. *Journal of Food Engineering*. 97: 135-143.

ASSESSMENT OF THE QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF INSTANT PASTA

Summary. The objective of this study was to assessment of the quality of instant pasta produced by domestic and foreign producers. The five types of products, prepared by the flooding of hot water were used for the test. The following parameters of pasta were evaluated: moisture content of noodles, the organoleptic evaluation before and after preparation, weight increase index, the cooking losses, and the texture by use the instrumental method.

It was found that a longer period of rehydration caused an increase the weight increase index. The cooking losses ranged average from 4,50 to 7,90%. The results of the organoleptic evaluation of pasta showed that the lowest points after each rehydration time was obtained for pasta produced with the addition of spinach, and the highest for noodles from rice flour. The longer time of rehydration caused a decrease a specific crushing work (average from 132,3 to 57,1 mJ·g⁻¹).

Key words: instant pasta, quality, weight increase index, cooking losses.

Wykorzystanie funkcji użyteczności do analizy współczynników kształtu rozdrobnionych cząstek ekstrudatu

Tomasz Żelaziński, Adam Ekielski

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,
Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji,
ul. Nowoursynowska 164, 02-787 Warszawa, e-mail: tomasz_zelazinski@sggw.pl, adam_ekielski@sggw.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono badania parametrów rozdrobnionego ekstrudatu kukurydziano – pszennego. Metodyka badań obejmowała: wytworzenie oraz rozdrobnienie ekstrudatu, separację cząstek z wykorzystaniem przesiewacza sitowego, wykonanie zdjęć rozdrobnionych cząstek ekstrudatu oraz ich analizę wizyjną, wyznaczenie współczynników opisujących kształt uzyskanych cząstek. W kolejnym etapie badań wykonano obróbkę statystyczną danych, polegającą na wyznaczeniu „użyteczności” badanych współczynników kształtu. Stwierdzono, że uzyskane wyniki z wykorzystaniem funkcji użyteczności mogą mieć znaczenie utylitarne szczególnie dla zastosowań przemysłowych, gdzie coraz częściej znaczenie ma nie tylko odseparowana frakcja ale i kształt poszczególnych cząstek np. z przeznaczonych na panier spożywczy.

Słowa kluczowe: ekstruzja, użyteczność, kształt, panier.

WPROWADZENIE

Typowe badania wyrobów spożywczych skoncentrowane są zwykle na poszukiwaniu zbioru wielkości danych wejściowych i wyjściowych pozwalających na znalezienie optymalnych warunków do wytworzenia pożądanego przez konsumentów produktu. Dlatego standardowe procedury badawcze najczęściej korzystają z aproksymacji funkcji odpowiedzi do wprowadzanych wielkości wejściowych. Otrzymane w wyniku aproksymacji równanie jest przybliżonym zapisem matematycznym zachodzących w czasie procesu zmian wartości mierzonych wielkości, wykorzystującym zebrane dane empiryczne. Dalsze wnioskowanie, polega zwykle na identyfikacji najbardziej pożądanego stanu mierzonych wielkości z uwagi na jakość danego produktu. Pod pojęciem jakości w tym przypadku należy rozumieć pożądaną wartość funkcji aproksymującej. Wybrane badania z zakresu jakości wyrobów ekstrudowanych opisane są min. w pracach [1, 2, 6, 7, 9, 13, 14]. Obecne programy analityczne umożliwiają znalezienie najlepszych parametrów opisujących dany proces lub produkt poprzez

stosowanie coraz bardziej zaawansowanych metod analizy danych np. stosując metody statystyczne. Do jednych z tych metod takich można zaliczyć np. stosowanie funkcji użyteczności, która pozwala wychwycić związek pomiędzy przewidywanymi (aproksymowanymi) odpowiedziami wielkości wyjściowych, a tzw. „użytecznością odpowiedzi”. Ponadto tego typu analizy pozwalają na przeliczanie aproksymowanych wielkości wejściowych wykorzystując kombinację wielu zmiennych. Profile użyteczności zostały zaprojektowane w celu ulepszania produktów, których jakość końcowa zależy od ich składu i parametrów procesu w jakich zostały wytworzone. Metoda ta pozwala dlatego na znalezienie optymalnych proporcji pomiędzy tymi parametrami, które warunkują całkowitą użyteczność produktu. Analizy, których celem jest zbadanie użyteczności można znaleźć w pracach [3, 4, 10, 11, 12].

Biorąc pod uwagę powyższe w pracy podjęto próbę zbadania wybranych parametrów produktów ekstrudowanych uwzględniając klasyczną analizę danych metodą ANOVA oraz analizę z wykorzystaniem funkcji użyteczności.

CEL PRACY

Celem pracy było zbadanie podstawowych wskaźników parametrów rozdrobnionego ekstrudatu i wykreślenie funkcji użyteczności współczynników opisujących kształt uzyskanych cząstek.

MATERIAŁ I METODY PRACY

Materiałem badawczym był ekstrudat kukurydziano-pszenny (80% – kukurydza, 20% – pszenica o wilgotności 14%), otrzymany w procesie ekstruzji za pomocą wspólnego ekstrudera dwuślimakowego o stosunku długości do średnicy ślimaków $l/d=27$. Ekstruder wyposażony był

w wielootworową matrycę z dyszami wylotowymi 3 mm. Profile temperaturowe procesu w cylindrze ekstrudera, wynosiły odpowiednio: (130./130/100°C), (140./140/100°C), (150./150/100°C), przy czym temperaturę w dwóch pierwszych sekcjach ekstrudera utrzymywano za pomocą sterownika o regulacji dwustanowej. Prędkość obrotowa ślimaków wynosiła 300 obr · min⁻¹.

Otrzymane ekstrudaty rozdrobniono za pomocą rozdrabniacza bijakowego z sitem na wyjściu 3 mm. Następnie ekstrudat poddano separacji na analizatorze laboratoryjnym: przesiewacz laboratoryjny typ LP2E-2e (Multiserv), (tab. 1). Przesiewacz nastawiono na amplitudę 60, częstotliwość 2,00 Hz, czas 10 minut, a w kolumnie zastosowano 8 wielkości sit: 2,0; 1,6; 1,0; 0,8; 0,5; 0,25; 0,1; <0,05 mm zgodnych z normą DIN ISO 3310-1. Parametry procesu ekstruzji oraz uzyskane parametry frakcji ekstrudatu sporządzono na podstawie wcześniejszych badań przedstawionych w pracy [8].

Tabela 1. Procentowy udział frakcji rozdrabnianego ekstrudatu dla różnych warunków temperaturowych [8].

Table 1. Percentage of shredded extrudate fractions for different temperature conditions.

Rozmiar oczek sita # DIN ISO 3310-1 [mm]	130 °C	140 °C	150 °C
0,05 <	2,33	2,79	0,86
0,1	10,52	17,02	2,32
0,25	15,75	24,34	4,32
0,5	13,05	16,96	8,52
0,8	4,10	5,26	4,88
1,0	23,19	20,53	33,02
1,6	22,54	9,77	36,73
2,0	8,53	3,34	9,36

W kolejnym etapie badań poszczególne frakcje rozdrobnionego ekstrudatu (panieru) rozkładano na czarnym papierze i fotografowano za pomocą kamery CCD KP-FD30 firmy HITACHI w komorze bezcieniowej, oświetlonej światłómkami światła dziennego TL-D De Luxe Pro 18W/965, o temperaturze barwowej 6500K firmy Philips. (zdjęcia przetwarzano i zapisywano na programie do akwizycji zdjęć zaprojektowanym w programie LabView. Następnie uzyskane zdjęcia podawano analizie wizyjnej, wykorzystując do tego program Visio Assistant 7.1. Oprogramowanie pozwalało na wyznaczenie współczynników charakteryzujących kształt poszczególnych cząstek wykorzystując zależności (1), (2), (3):

Współczynnik wydłużenia (Elongation Factor):

$$\frac{F}{RF_b} \quad (1)$$

Współczynnik okrągłości Heywood'a (Heywood Circularity Factor):

$$\frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \quad (2)$$

Współczynnik wypełnienia (Compactness Factor):

$$\frac{A}{W \cdot H} \quad (3)$$

gdzie:

F – wymiar prostokątny Fereta,

P – Obwód cząsteczki,

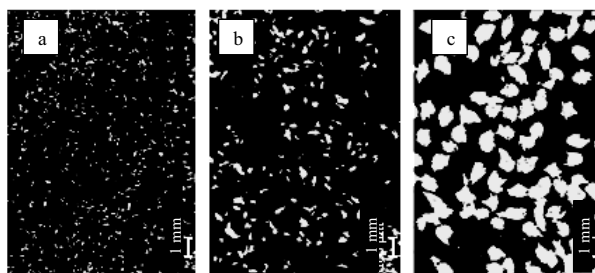
A – Pole rzutu cząstki,

W – szerokość cząstki,

H – długość cząstki.

Przedstawione powyżej wskaźniki kształtu analizowanego obiektu pozwoliły w szybki sposób opisać charakterystyczne jego cechy, bez przeprowadzania skomplikowanej analizy złożoności budowy powierzchni [5].

Na rysunku 1 przedstawiono wybrane próbki rozdrobnionego ekstrudatu poddane wstępnej analizie obrazu.



Rys. 1. Przykład analizy frakcji rozdrobnionego ekstrudatu. a) frakcja 0,1 mm; b) frakcja 0,25 mm; c) frakcja 0,8 mm.

Figure 1. Example of analysis of particulate fraction of the extrudate. a) the fraction of 0.1 mm; b) the fraction of 0.25 mm; c) the fraction of 0.8 mm.

METODY STATYSTYCZNE

Badania oparto o wygenerowany w programie Statistica 10, Centralny Plan Kompozycyjny (DOE) – liczba wielkości wejściowych: 2, liczba bloków: 1, liczba układów: 24 z powtórzeniem. Poszczególne zmienne zakodowano jako wartości liczbowe: -1, 0, 1. Zastosowano również, dodatkowe powtórzenia w punkcie centralnym planu. W następnej kolejności wyniki zapisane w planie pozwoliły na uzyskanie (wyliczenie) tzw. profili użyteczności, które sporządzono zgodnie z procedurą maksymalizacji użyteczności produktu, składających się z dwóch podstawowych punktów:

1. znalezienia odpowiedniego modelu, czyli równań aproksymacyjnych w celu opracowania charakterystyki wyrobu jako funkcji wielkości wejściowych.
2. określenia optymalnych wielkości wejściowych względem całkowitej jakości produktu.

Analizę istotności zmiennych przeprowadzono za pomocą analizy wariancji ANOVA, a do oceny statystycznej jakości dopasowania równań powierzchni odpowiedzi zastosowano współczynnik determinacji R^2 , R^2_{popr} oraz błąd średni kwadratowy MSE (ang. Mean Square Error).

WYNIKI BADAŃ

Na podstawie uzyskanych wyników badań można było stwierdzić że każda z otrzymanych frakcji ekstrudatu miała charakterystyczne cechy kształtu, związane ze stopniem

jego rozdrobnienia. W tabeli 2 zamieszczono dlatego wyniki badań współczynników kształtu analizowanych próbek.

Tabela 2. Wartości współczynników kształtu (współczynnik wydłużenia, wypełnienia i okrągłości) otrzymanych frakcji ekstrudatu

Table 2. The values of the shape of the fractions (Elongation Factor, Compactness Factor and Heywood Circularity Factor) obtained extrudate.

Temperatura [°C]	Rozdrobnienie [mm]	Współczynnik wydłużenia [-]	Współczynnik okrągłości [-]	Współczynnik wypełnienia [-]
1	2	3	4	5
130	0	2,90	1,05	0,73
130	0,1	2,28	1,15	0,80
130	0,25	2,70	1,30	0,81
130	0,5	2,70	1,30	0,59
130	0,8	2,38	1,22	0,64
130	1	2,38	1,22	0,64
130	1,6	2,56	1,27	0,59
130	2	2,22	1,14	0,68
140	0	2,79	1,02	0,76
140	0,1	2,95	1,20	0,63
140	0,25	2,73	1,36	0,54
140	0,5	2,92	1,41	0,54
140	0,8	2,36	1,34	0,65
140	1	2,59	1,40	0,55
140	1,6	2,49	1,27	0,59
150	2	1,88	1,12	0,67
150	0	2,91	0,98	0,81

1	2	3	4	5
150	0,1	2,56	1,22	0,63
150	0,25	2,28	1,29	0,61
150	0,5	2,25	1,37	0,61
150	0,8	2,85	1,57	0,59
150	1	2,85	1,40	0,56
150	1,6	2,96	1,47	0,59
150	2	2,32	1,12	0,68

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej stwierdzono, że jedynym istotnym parametrem mającym wpływ na kształt uzyskanych cząstek jest stopień rozdrobnienia, uzyskany po rozdzielaniu zmielonego ekstrudatu na odpowiednie frakcje. Przeprowadzona analiza wariancji ANOVA (tab. 3) wskazała na istotność pierwszego i drugiego rzędu przy analizowaniu współczynnika wydłużenia, okrągłości i współczynnika wypełnienia. Brak istotności wpływu temperatury na uzyskane wyniki badań jest zapewne cechą pozytywną ekstrudowanych wyrobów i świadczy o wysokiej stabilności przebiegu procesu.

Na wykresach 2, 3, 4 przedstawiono profile użyteczności dla poszczególnych wielkości wyjściowych czyli: współczynników okrągłości, wydłużenia i wypełnienia. Z kolei na wykresach 5, 6, 7, 8 przedstawiono profile użyteczności całkowitej dla różnych kombinacji wielkości wyjściowych czyli współczynników: (okrągłości wzg. wydłużenia), (okrągłości wzg. upakowania), (wydłużenia wzg. wypełnienia) oraz zestawienie wszystkich trzech współczynników (okrągłości wzg. wypełnienia wzg. wydłużenia). Takie rozwiązanie pozwoliło, nie tylko na zbadanie wszystkich

Tabela 3. Analiza wariancji ANOVA [8].

Table 3. ANOVA variance analysis.

Współczynnik wydłużenia $R^2=0,25799$; $R^2_{popr}=0,10178$ MS=0,0763165					
	SS	df	MS	F	p
Temperatura	0,013062	1	0,013062	0,171162	0,683713
Temperatura ²	0,053140	1	0,053140	0,696316	0,414393
Rozdrobnienie	0,365408	1	0,365408	4,788062*	0,041355
Rozdrobnienie ²	0,028691	1	0,028691	0,375945	0,547052
Błąd	1,450013	19	0,076316		
Całk. SS	1,954180	23			
Compactness Factor $R^2=0,58428$, $R^2_{popr}=0,49676$ MS=0,0034297					
Temperatura	0,010217	1	0,010217	2,97904	0,100576
Temperatura ²	0,010968	1	0,010968	3,19803	0,089686
Rozdrobnienie	0,010286	1	0,010286	2,99902	0,099520
Rozdrobnienie ²	0,052275	1	0,052275	15,24179*	0,000954
Błąd	0,065164	19	0,003430		
Całk. SS	0,156750	23			
Współczynnik okrągłości; $R^2=0,68715$, $R^2_{popr}=0,62128$, MS=0,0080258					
Temperatura	0,034750	1	0,034750	4,32975	0,051222
Temperatura ²	0,000844	1	0,000844	0,10517	0,749257
Rozdrobnienie	0,000796	1	0,000796	0,09920	0,756229
Rozdrobnienie ²	0,294349	1	0,294349	36,67540*	0,000008
Błąd	0,152490	19	0,008026		
Całk. SS	0,487419	23			

* Różnica istotna przy poziomie – Significant difference at the level of, p ≤ 0,05

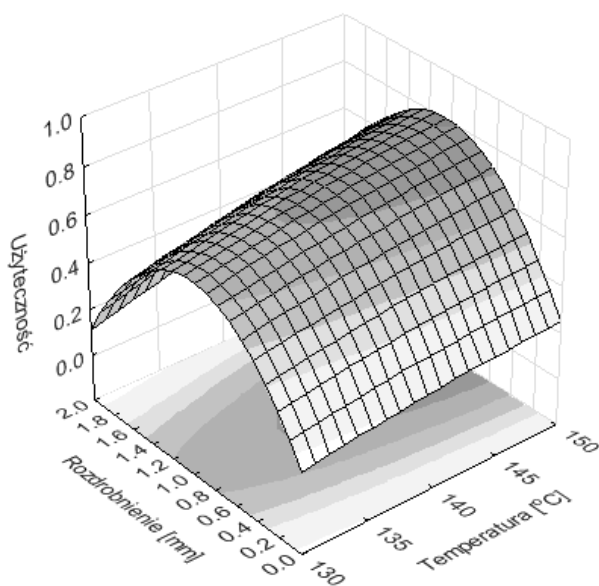
wielkości wejściowych ale również na wyznaczenie siły wpływu tych zmian na użyteczność odpowiedzi. Efektem końcowym przeprowadzonej analizy było zidentyfikowanie parametrów/składników „aktywnych” i „pasywnych” mających szczególne znaczenie dla badanych produktów.

Z punktu widzenia analizy funkcją użyteczności wielkość pożądana to wartość, która jest najlepiej dopasowana do danych empirycznych, a przedziały z uzyskanych punktów nie mają dużego rozrzutu. Dlatego analizując tego typu wykresy należy sugerować się wartością „1”, która maksymalizuje użyteczność odpowiedzi analizowanych danych.

Na rysunku 2 przedstawiono wyniki analizy parametru „współczynnik okrągłości”, gdzie obserwuje się, że najlepszymi z pośród wszystkich analizowanych frakcji są cząstki mieszczące się w środkowym przedziale uzyskanych frakcji. Pomimo, że temperatura okazała się parametrem nieistotnym statystycznie „użyteczność” nieznacznie wzrastała wraz z jej wzrostem. Nieco inny przebieg wykresu miała „użyteczność” parametru „współczynnik wydłużenia”, gdzie stwierdzono największą użyteczność wraz ze wzrostem frakcji drobnej oraz w środkowym przedziale temperaturowym procesu ekstruzji 130°C.

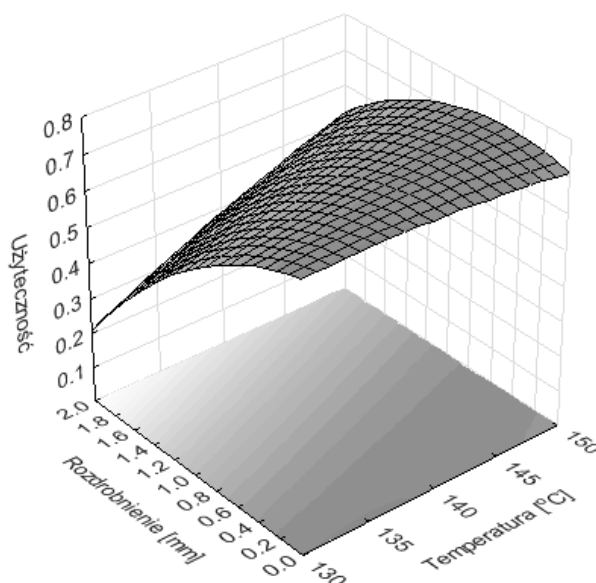
Z kolei „współczynnik wypełnienia” charakteryzował się zupełnie odmiennym przebiegiem w porównaniu do wykresów powyżej. Na analizowanym wykresie (rys. 3) można stwierdzić że z punktu widzenia jakości dopasowania funkcji użyteczność do danych empirycznych najlepszymi punktami są punkty skrajne z przedziału uzyskanych frakcji oraz stosowanej temperatury.

Analizując „użyteczność” całościową analizowanych zmiennych można zaobserwować pewne zbieżności oraz charakterystyczne tendencje przebiegu tej funkcji. W przypadku wykresu (współczynnik wydłużenia wg. okrągłości – rys. 5) przebieg wydaje się być zbliżony do wykresu



Rys. 2. Wpływ stopnia rozdrobnienia ekstrudatu i temperatury procesu na „użyteczność” współczynnika okrągłości uzyskanych cząstek

Fig. 2. The effect of grinding the extrudate and process temperature on the “usability” of the circularity factor resulting particles

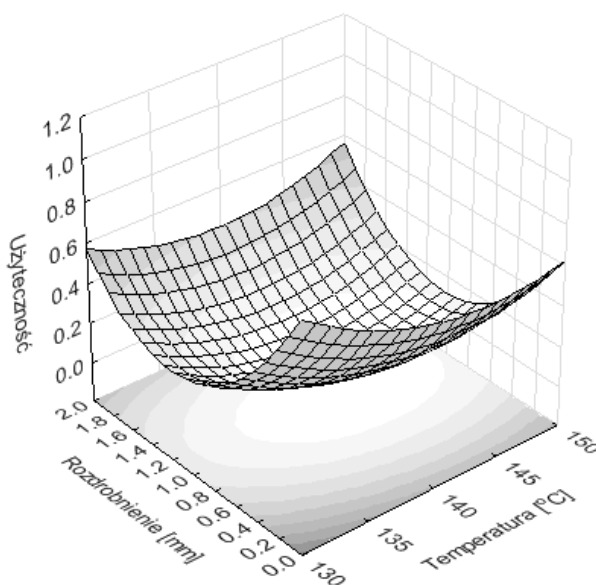


Rys. 3. Wpływ stopnia rozdrobnienia ekstrudatu i temperatury procesu na „użyteczność” współczynnika wydłużenia uzyskanych cząstek

Fig. 3. The effect of grinding the extrudate and process temperature on the “usability” of the elongation factor resulting particles

(rys. 2), co sugeruje że dominującymi wielkościami są wartości współczynnika okrągłości. Z kolei w przypadku wykresu (wydłużenie wg. wypełnienia – rys. 6.) dominującymi parametrami są wartości współczynnika wypełnienia.

Bardzo zbliżonym przebiegiem do siebie mają całościowe przebiegi funkcji użyteczności współczynników (wypełnienia wg. okrągłości – rys. 7) oraz (wypełnienia



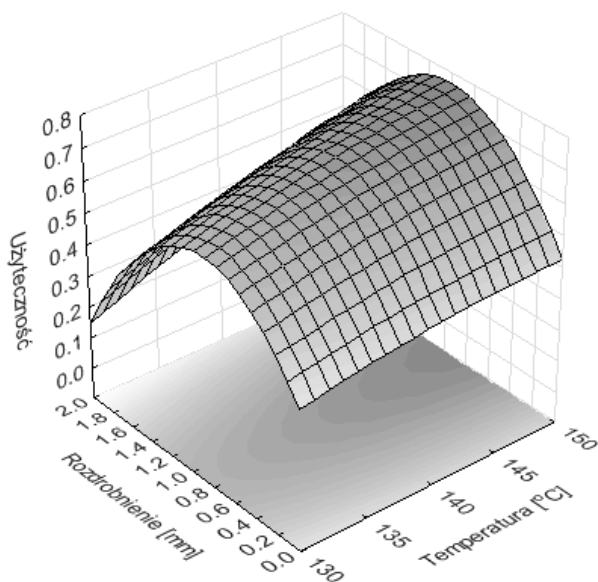
Rys. 4. Wpływ stopnia rozdrobnienia ekstrudatu i temperatury procesu na „użyteczność” współczynnika wypełnienia uzyskanych cząstek

Fig. 4. The effect of grinding the extrudate and process temperature on the “usability” of the compactness factor resulting particles

wzg. okrągłości wzg. wydłużenia – rys. 8). Analizując oba wykresy można stwierdzić że największą użytecznością charakteryzują się parametry próbek uzyskanych na sitach środkowych (przedział, 0,8 – 1,6 mm) w warunkach temperaturowych procesu ekstruzji 120°C oraz próbki najgrubsze (rys. 7) i najdrobniejsze (rys. 7, 8) uzyskane w temperaturze 140°C.

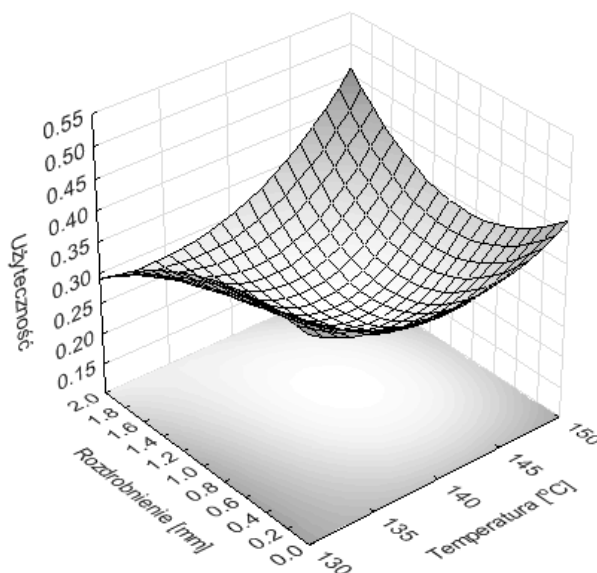
PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Podsumowując uzyskane wyniki badań można stwierdzić, że zastosowanie powyższej metody do opisu parametrów jakościowych wyrobów ekstrudowanych wydaje się być dobrym rozwiązaniem. Uzyskane wyniki przedstawiające różne współczynniki kształtu w funkcji ich użyteczności,



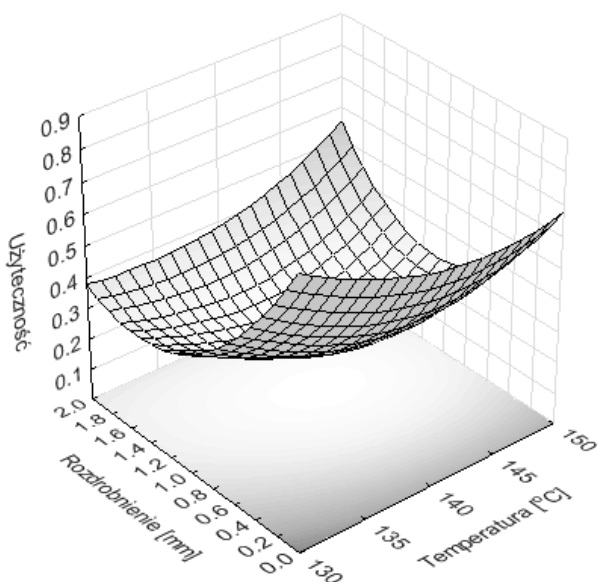
Rys. 5. Wpływ stopnia rozdrobnienia ekstrudatu i temperatury procesu na „użyteczność” współczynników wydłużenia wzg. okrągłości uzyskanych cząstek

Fig. 5. The effect of grinding the extrudate and process temperature on the “usability” of the factor elongation vs. circularity resulting particles



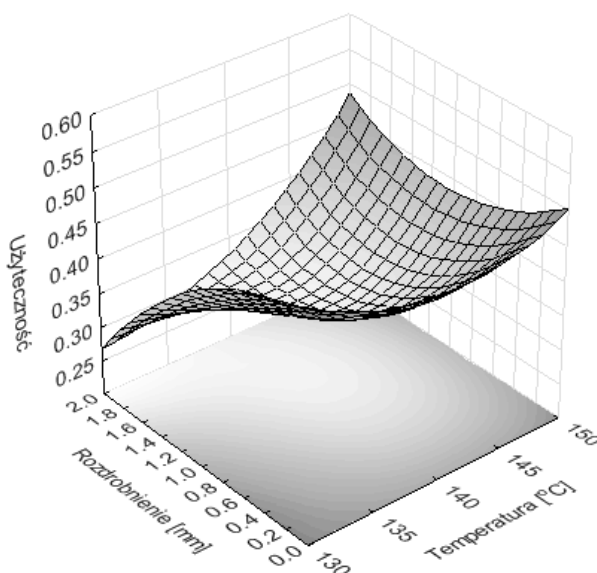
Rys. 7. Wpływ stopnia rozdrobnienia ekstrudatu i temperatury procesu na „użyteczność” współczynników wypełnienia wzg. okrągłości uzyskanych cząstek

Fig. 7. The effect of grinding the extrudate and process temperature on the “usability” of the factor compactness vs. circularity resulting particles



Rys. 6. Wpływ stopnia rozdrobnienia ekstrudatu i temperatury procesu na „użyteczność” współczynników wydłużenia wzg. wypełnienia uzyskanych cząstek

Fig. 6. The effect of grinding the extrudate and process temperature on the “usability” of the factor elongation vs. compactness resulting particles



Rys. 8. Wykres całościowej użyteczności uwzględniający współczynniki (wypełnienia, okrągłości i wydłużenia)

Fig. 8. Graph overall usability into account factors (compactness, circularity and elongation)

można wyraźnie zidentyfikować na wykresie i ponadto łatwo wskazać ich siłę wpływu na dane parametry. Należy również zwrócić uwagę, że uzyskane wyniki mają nie tylko podłoże naukowe ale również użytkitarne. W warunkach przemysłowych odbiorcy rozdrobionych produktów ekstrudowanych wymagają nie tylko określonego składu granulometrycznego otrzymywanego produktu, ale również stawiają wymagania w odniesieniu do kształtu cząstek. W przypadku materiałów ekstrudowanych wykorzystywanych później w procesie technologicznym do tworzenia powłok o dużej chłonności istotnym jest wprowadzanie produktu o jak najbardziej rozwiniętej powierzchni. W przeciwieństwie do ekstrudatów, wykorzystywanych jako wypełniacze, których zadaniem jest zatrzymanie cieczy, kiedy powierzchnia boczna powinna być możliwie regularna.

Szczególą uwagę zwracają rozdrobione próbki uzyskane na sitach z przedziału środkowego (biorąc pod uwagę wielkość oczek), które charakteryzuje wysoki wskaźnik użyteczności. Jest to niewątpliwie cecha pozytywna takich produktów zwłaszcza, że tych frakcji jest zwykle największa ilość.

LITERATURA

1. **Biller E., 2013.** Próba identyfikacji cech sensorycznych mięsa pieczonego związkami lotnymi powstającymi w modelowej reakcji lizyny z rybozą, *Żywność. Nauka, Technologia, Jakość.* 20 (4), 100-117
2. **Cembrzyński M., Mościcki L., Rejak A., Wojtowicz A., Oniszczuk T. 2013:** Selected mechanical properties of starch films. *Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*, 13 (2), 7-12.
3. **Chun Bok-Hwan, Kim Jong-Hwang, Lee Ho-Joung, Chung Namhyun, 2007:** Usability of size-excluded fractions of soy protein hydrolysates for growth and viability of Chinese hamster ovary cells in protein-free suspension culture. *Bioresource Technology*, 98 (5), 1000-1005.
4. **Deniz Baş, İsmail H Boyacı., 2007:** Modeling and optimization I: Usability of response surface methodology *Journal of Food Engineering*, 78 (3), 836-845.
5. **Ekielski A., 2013:** Wykorzystanie analizy obrazu do oceny wybranych parametrów opisujących struktury porowate na przykładzie ekstrudatów zbożowych. *Wyd. Wieś Jutra.* ISBN 978-83-62815-21-0.
6. **Ekielski A., Żelaziński T., 2012:** Wpływ porowatości na cechy teksturalne ekstrudatów zbożowych. *Inżynieria Rolnicza.* Nr 3 (138), 35-42
7. **Ekielski A., Żelaziński T., Powalka M., 2013:** Ocena zmian barwy panieru pszennego w warunkach intensywnej oświetlenia standardowym światłem D65. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 574, 67-75
8. **Ekielski A., Żelaziński T., Zdanowska P., Florczak I., 2014:** The effect of extrudate fineness on the shape of particles obtained. *INMATEH – Agricultural Engineering*, Vol. 43 (2).
9. **Gondek E, Jakubczyk E, Wieczorek B., 2013:** Właściwości fizyczne bezglutenowego pieczywa chrupkiego. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 574, 29-38
10. **Medlock, M.C., Wixon, D., Terrano, M., Romero, R., and Fulton, B., 2002:** Using the RITE method to improve products: A definition and a case study. Presented at the Usability Professionals Association 2002, Orlando FL.
11. **Obidziński, S., 2012:** Analysis of usability of potato pulp as solid fuel *Fuel Processing Technology*. 94 (1), 67-74.
12. **Triantafyllou, Vasileios I.; Karamani, Aristoula G.; Akrida-Demertzi, Konstantoula; Demertzi, Panagiotis G., 2002:** Studies on the usability of recycled PET for food packaging applications. *European Food Research and Technology*. 215 (3), 243 – 248.
13. **Wójtowicz A., Kolasa A, Mościcki L., 2013:** Influence of Buckwheat Addition on Physical Properties, Texture and Sensory Characteristics of Extruded Corn Snacks. *Polish Journal of Food and Nutrition Science*. 63 (4), 239-244.
14. **Żelaziński T., 2011:** Badanie porowatości ekstrudatów w zależności od zawartości gryki w mieszance. *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW*. 57, 49-55.

APPLICATION OF THE USABILITY FUNCTION TO ANALYZE THE PARTICULATE EXTRUDATE SHAPE FACTORS

Summary. The paper presents research on the parameters of particulate extrudate corn – wheat. The research methodology included: extrusion and fragmentation of the extrudate, separation of particles using mesh screen, take pictures of the ground particles and their image analysis, determination of coefficients describing the shape of the resulting particles. In the next stage of the research performed statistical processing of data, consisting of the designation “usability” examined factors shape. It was found that the results obtained using the “usability function” may be important utilitarian particularly for industrial applications, where increasingly important not only separated but also a fraction of the various particles such as the shape of the food intended for bread crumb.

Key words: food extrusion, shape, usability, bread crumbs.

Spis treści

Janusz Bowszys, Teresa Bowszys Zmiany jakościowe nasion bobiku suszonych i przechowywanych w silosie z pionowym układem wietrzenia (Cz. II)	3
Владимир Чемодуров, Элла Литвинова, Виктория Вдовиченко Системный подход к проектированию стрительных конструкций	7
Владимир Чемодуров, Александр Попов Определение параметров элементов строительных конструкций с учетом заданной вероятности их неразрушения	13
Leszek Dawid Wzrost wartości nieruchomości na skutek podziałów nieruchomości i budowy urządzeń infrastruktury technicznej na przykładzie gminy Mielno	19
Сергей Федоркин, Эмиль Когай Стойкость базальтового волокна в карбонатных дисперсно-армированных бетонах	25
Sławomir Gawłowski, Janusz Laskowski, Ryszard Kulig, Adam Zdybel Analiza procesu rozdrabniania nasion soi	31
Marek Bolesław Horyński Zastosowanie technik bezprzewodowych do modernizacji instalacji elektrycznych w obiektach agroturystycznych	37
O. Kovalyshyn, S. Malakhova, N. Kryshenyk Comparison of Results of Normative And Expert Monetary Valuation For Taxation Purposes	43
Monika Krzywicka, Jerzy Grudziński Wpływ teksturowania powierzchni stopów tytanu na wybrane właściwości endoprotez	49
Ryszard Kulig, Grzegorz Łysiak, Stanisław Skonecki Zbigniew Kobus, Leszek Rydzak, Tomasz Guz Określenie zależności między ciśnieniem a parametrami zagęszczania wybranych roślin energetycznych	55
Dariusz Lodwik, Jerzy Pietrzyk Ocena jakości pracy wybranych rozpylaczy płaskostrumieniowych w aspekcie poprzecznej nierównomierności oprysku	59

Николай Любомирский Влияние температуры на кинетику карбонизации извести	65
Jacek Majcher Koncepcja sterowania urządzeniami elektrycznymi w przydomowym ogrodzie za pomocą inteligentnych instalacji	73
Włodzimierz Malesa Analiza porównawcza wybranych kształtów bieżnika pneumatycznego mechanizmu jezdnego ze względu na propagację nacisków w podłożu z zastosowaniem metody wagowo korelacyjnej	77
Stefan Mańkowski, Leszek Mieszkalski, Dariusz Choszcz, Stanisław Konopka Wyniki pomiarów grubości okrywy nasiennej łubinów w aspekcie określenia jej nierównomierności	83
Анатолий Панченко, Анжела Волошина, Андрей Засядько Математическая модель высокомоментного гидромотора с упруго-инерционной нагрузкой	89
Геннадий Подзноев, Умер Абдулгасис, Татьяна Жарик Термодинамическая возможность повышения эффективности ДВС	95
Renata Polak, Dariusz Dziki, Andrzej Krzykowski, Stanisław Rudy, Renata Różyło Elektrownie geotermalne oparte na systemach binarnych	101
Renata Polak, Dariusz Dziki, Andrzej Krzykowski, Stanisław Rudy, Renata Różyło Wpływ parametrów sublimacyjnego suszenia na retencję chlorofilu i karotenoidów w suszach z liści selera zwyczajnego (<i>Apium graveolens</i> L)	105
Małgorzata Powała, Krzysztof Burak, Jacek Skudlarski, Tomasz Żelaziński Analiza działań modernizacyjnych na przykładzie wybranego gospodarstwa rodzinnego ukierunkowanego na produkcję roślinną	113
Мортеза Раджаб-Заде, Вильям Залого, Наталия Сущенко, Виктор Гогунский Анализ неопределенности и неуверенности при оценке риска по разработке и внедрению интегрированных систем управления	119
Henryk Rode, Paweł Witkowski Stanowisko do badań procesu cięcia roślin energetycznych	131
Mariusz Sarniak Uproszczona metoda doboru inwertera do systemu fotowoltaicznego dołączonego do sieci	135
Justyna Tomiło, Dariusz Dziki, Renata Różyło Wpływ wilgotności i prażenia ziarna gryki na proces rozdrabniania	141
Justyna Tomiło, Dariusz Dziki, Renata Polak Wybrane aspekty uprawy i przygotowania tytoniu do przetwórstwa na przykładzie odmiany Virginia	147
Justyna Tomiło, Dariusz Dziki, Anna Jurycka-Chrzanowska Ocena cech jakościowych makaronów błyskawicznych	153
Tomasz Żelaziński, Adam Ekielski Wykorzystanie funkcji użyteczności do analizy współczynników kształtu rozdrobionych cząstek ekstrudatu	157

List of the Reviewers

1. Ryszard Kulig
2. Dariusz Andrejko
3. Janusz Wojdalski
4. Elżbieta Kusińska
5. Ryszard Lewkowitz
6. Beata Ślaska-Grzywna
7. Andrzej Kusz
8. Tadeusz Złoto

Editors of the "MOTROL" magazine of the Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture would like to inform both the authors and readers that an agreement was signed with the Interdisciplinary Centre for Mathematical and Computational Modelling at the Warsaw University referred to as "ICM". Therefore, ICM is the owner and operator of the IT system needed to conduct and support a digital scientific library accessible to users via the Internet called the "ICM Internet Platform", which ensures the safety of development, storage and retrieval of published materials provided to users. ICM is obliged to put all the articles printed in the "MOTROL" on the ICM Internet Platform. ICM develops metadata, which are then indexed in the "Agro" database.

Impact factor of the "MOTROL" journal according of the Commission of Motorization and Energetics in Agriculture is 1,26 (April 2014).

GUIDELINES FOR AUTHORS (2014)

The journal publishes the original research papers. The papers (min. 8 pages) should not exceed 12 pages including tables and figures. Acceptance of papers for publication is based on two independent reviews commissioned by the Editor.

Authors are asked to transfer to the Publisher the copyright of their articles as well as written permissions for reproduction of figures and tables from unpublished or copyrighted materials.

Articles should be submitted electronically to the Editor and fulfill the following formal requirements:

- Clear and grammatically correct script in English,
- Format of popular Windows text editors (A4 size, 12 points Times New Roman font, single interline, left and right margin of 2,5 cm),
- Every page of the paper including the title page, text, references, tables and figures should be numbered,
- SI units should be used.

Please organize the script in the following order (without subtitles):

Title, Author(s) name (s), Affiliations, Full postal addresses, Corresponding author's e-mail
Abstract (up to 200 words), Keywords (up to 5 words), Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion (a combined Results and Discussion section can also be appropriate), Conclusions (numbered), References, Tables, Figures and their captions

Note that the following should be observed:

An informative and concise title; Abstract without any undefined abbreviations or unspecified references; No nomenclature (all explanations placed in the text); References cited by the numbered system (max 5 items in one place); Tables and figures (without frames) placed out of the text (after References) and figures additionally prepared in the graphical file format jpg or cdr.

Make sure that the tables do not exceed the printed area of the page. Number them according to their sequence in the text. References to all the tables must be in the text. Do not use vertical lines to separate columns. Capitalize the word 'table' when used with a number, e.g. (Table1).

Number the figures according to their sequence in the text. Identify them at the bottom of line drawings by their number and the name of the author. Special attention should be paid to the lettering of figures – the size of lettering must be big enough to allow reduction (even 10 times). Begin the description of figures with a capital letter and observe the following order, e.g. Time(s), Moisture (% vol), (% m³m⁻³) or (% gg⁻¹), Thermal conductivity (W m⁻¹K⁻¹).

Type the captions to all figures on a separate sheet at the end of the manuscript.

Give all the explanations in the figure caption. Drawn text in the figures should be kept to a minimum. Capitalize and abbreviate 'figure' when it is used with a number, e.g. (Fig. 1).

Colour figures will not be printed.

Make sure that the reference list contains about 30 items. It should be numbered serially and arranged alphabetically by the name of the first author and then others, e.g.

7. Kasaja O., Azarevich G. and Bannel A.N. 2009. Econometric Analysis of Banking Financial Results in Poland. Journal of Academy of Business and Economics (JABE), Vol. IV. Nr 1, 202–210.

References cited in the text should be given in parentheses and include a number e.g. [7].

Any item in the References list that is not in English, French or German should be marked, e.g. (in Italian), (in Polish).

Leave ample space around equations. Subscripts and superscripts have to be clear. Equations should be numbered serially on the right-hand side in parentheses. Capitalize and abbreviate 'equation' when it is used with a number, e.g. Eq. (1). Spell out when it begins a sentence. Symbols for physical quantities in formulae and in the text must be in italics. Algebraic symbols are printed in upright type.

Acknowledgements will be printed after a written permission is sent (by the regular post, on paper) from persons or heads of institutions mentioned by name.