



## CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225603

**EFFECTS OF THE RATE OF NATURAL GAS PRODUCTION ON THE RECOVERY FACTOR DURING CARBON DIOXIDE INJECTION AT THE INITIAL GAS-WATER CONTACT**

pages 6–11

*Serhii Matkivskiy*, Postgraduate Student, Department of Petroleum Production, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine; Head of the Hydrocarbon Fields Development Planning Department, Ukrainian Scientific-Research Institute of Natural Gas, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4139-1381>, e-mail: [matkivskiy.sergey@ndigas.com.ua](mailto:matkivskiy.sergey@ndigas.com.ua)

The object of research is gas condensate reservoirs, which is being developed under the conditions of the manifestation of the water drive of development and the negative effect of formation water on the process of natural gas production. The results of the performed theoretical and experimental studies show that a promising direction for increasing hydrocarbon recovery from fields at the final stage of development is the displacement of natural gas to producing wells by injection non-hydrocarbon gases into productive reservoirs. The final gas recovery factor according to the results of laboratory studies in the case of injection of non-hydrocarbon gases into productive reservoirs depends on the type of displacing agent and the level heterogeneity of reservoir. With the purpose update the existing technologies for the development of fields in conditions of the showing of water drive, the technology of injection carbon dioxide into productive reservoirs at the boundary of the gas-water contact was studied using a digital three-dimensional model of a gas condensate deposit. The study was carried out for various values of the rate of natural gas production. The production well rate for calculations is taken at the level of 30, 40, 50, 60, 70, 80 thousand m<sup>3</sup>/day. Based on the data obtained, it has been established that an increase in the rate of natural gas production has a positive effect on the development of a productive reservoir and leads to an increase in the gas recovery factor. Based on the results of statistical processing of the calculated data, the optimal value of the rate of natural gas production was determined when carbon dioxide is injected into the productive reservoir at the boundary of the gas-water contact is 55.93 thousand m<sup>3</sup>/day. The final gas recovery factor for the optimal natural gas production rate is 64.99 %. The results of the studies carried out indicate the technological efficiency of injecting carbon dioxide into productive reservoirs at the boundary of the gas-water contact in order to slow down the movement of formation water into productive reservoirs and increase the final gas recovery factor.

**Keywords:** 3D model of the field, gas condensate reservoir, water drive, residual gas, injection of carbon dioxide.

**References**

1. Boiko, V. S., Boiko, R. V., Keba, L. M., Seminskyi, O. V. (2006). Obvodnennia hazovykh i naftovykh sverdlodyn. *Mizhnarodna ekonomichna fundatsiia*. Kyiv, 791.
2. Kondrat, R. M. (1992). *Gazokondensatootdacha plastov*. Moscow: Nedra, 255.
3. Kondrat, R. M. (2005). Active Influence on the Development of Natural Gas Fields with Water Drive Regime with the Aim of Increasing Gas Condensate Extraction. *Nauka Ta Innovacii*, 1 (5), 12–23. doi: <http://doi.org/10.15407/scin1.05.012>
4. Matkivskiy, S. V., Kovalchuk, S. O., Burachok, O. V., Kondrat, O. R., Khaidarova, L. I. et al. (2020). Doslidzhennia vplyvu neznachnoho proiavu vodonapirnoi systemy na dostovirnist materialnoho balansu kolektoriv. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovysch*, 2 (75), 43–51.
5. Firoozabadi, A., Olsen, G., Golf-Racht, V. T. (1987). Residual Gas Saturation in Water-Drive Gas Reservoir. *SPE California Regional Meeting held*. Ventura, 319–322. doi: <http://doi.org/10.2118/16355-MS>
6. Charles, S. R., Tracy, S. W., Farrar, R. L. (1999). *Applied Reservoir Engineering*. Vol. 1. OGCI Publications, Oil and Gas Consultants International, Inc. U.S.A., 480.
7. Kondrat, O. R., Kondrat, R. M. (2019). Pidvyshchennia hazovyluchennia z hazovykh rodovysch pry vodonapirnomu rezhymi shliakhom rehuliuвання nadkhozhenia zakonturnoi plastovoi vody i vydobutku zeshchemlenoho hazu. *Naftohazova haluz Ukrainy*, 4, 21–26.
8. Doleschall, S., Szittar, A., Udvardi, G. (1992). Review of the 30 Years' Experience of the CO<sub>2</sub> Imported Oil Recovery Projects in Hungary. *International Meeting on Petroleum Engineering*. Beijing. doi: <http://doi.org/10.2118/22362-MS>
9. Cruz Lopez, J. A. (2000). Gas Injection As A Method For Improved Recovery In Gas-Condensate Reservoirs With Active Support. *SPE International Petroleum Conference and Exhibition*. Villahermosa. doi: <http://doi.org/10.2118/58981-MS>
10. Kondrat, O., Matkivskiy, S. (2020). Research of the influence of the grid density of injection wells on the gas extraction coefficient when injecting carbon dioxide into reservoir. *Technology Audit and Production Reserves*, 5 (1 (55)), 12–17. doi: <http://doi.org/10.15587/2706-5448.2020.215074>
11. Geffen, T. M., Parrish, D. R., Haynes, G. W., Morse, R. A. (1952). Efficiency of Gas Displacement From Porous Media by Liquid Flooding. *Journal of Petroleum Technology*, 4 (2), 29–38. doi: <http://doi.org/10.2118/952029-g>
12. Chierici, G. L., Ciocci, G. M., Long, G. (1963). *Experimental Research on Gas Saturation Behind the Water Front in Gas Reservoirs Subjected to Water Drive*. Proc, Sixth World Pet. Cong. Frankfurt, Sec IV Paper 17-PD6, 483–498.
13. Oldenburg, C. M., Law, D. H., Gallo, Y. L., White, S. P. (2003). Mixing of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> in Gas Reservoirs: Code Comparison Studies. *Greenhouse Gas Control Technologies*. Kyoto, 1, 443–448. doi: <http://doi.org/10.1016/B978-008044276-1/50071-4>
14. Mamora, D. D., Seo, J. G. (2002). Enhanced Gas Recovery by Carbon Dioxide Sequestration in Depleted Gas Reservoirs. *SPE Technical Conference and Exhibition*. San Antonio. doi: <http://doi.org/10.2118/77347-ms>
15. Pirson, S. J. (1950). *Elements of oil reservoir engineering*. New York: McGraw-Hill, 441.
16. Malik, Q. M., Islam, M. R. (2000). CO<sub>2</sub> Injection in the Weyburn Field of Canada: Optimization of Enhanced Oil Recovery and Greenhouse Gas Storage With Horizontal Wells. *SPE Paper 59327. Presented at the 2000 SPE/DOE Improved Oil Recovery Symposium held*. Tulsa, 25–33. doi: <http://doi.org/10.2118/59327-MS>
17. Pyo, K., Damian-Diaz, N., Powell, M., Van Nieuwkerk, J. (2003). CO<sub>2</sub> Flooding in Joffre Viking Pool. *Canadian International Petroleum Conference*. Calgary, 1–30. doi: <http://doi.org/10.2118/2003-109>
18. Agustssen, H., Grinestaff, G. H. (2004). A Study of IOR by CO<sub>2</sub> Injection in the Gullfaks Field, Offshore Norway. *SPE/DOE 14th Symposium on Improved Oil Recovery held*. Tulsa, 1–14. doi: <http://doi.org/10.2118/89338-MS>
19. Matkivskiy, S., Kondrat, O., Burachok, O. (2020). Investigation of the influence of the carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) injection rate on the activity of the water pressure system during gas condensate fields

development. *Global Trends, Challenges and Horizons*. Dnipro, 1–10. doi: <http://doi.org/10.1051/e3sconf/202123001011>

20. Turta, A. T., Sim, S. S. K., Singhal, A. K., Hawkins, B. F. (2008). Basic Investigations on Enhanced Gas Recovery by Gas-Gas Displacement. *Journal of Canadian Petroleum Technology*, 47 (10). doi: <http://doi.org/10.2118/08-10-39>
21. Clemens, T., Secklehner, S., Mantatzis, K., Jacobs, B. (2010). Enhanced Gas Recovery – Challenges shown at the example of three gas fields. *SPE EUROPEC/EAGE Annual Conference and Exhibition*. Barcelona. doi: <http://doi.org/10.2118/130151-MS>
22. Tiwari, S., Suresh Kumar, M. (2001). Nitrogen Injection for Simultaneous Exploitation of Gas Cap. *SPE Middle East Oil Show*. Manama. doi: <https://doi.org/10.2118/68169-MS>
23. Sim, S. S. K., Brunelle, P., Turta, A. T., Singhal, A. K. (2008). Enhanced Gas Recovery and CO<sub>2</sub> Sequestration by Injection of Exhaust Gases From Combustion of Bitumen. *SPE Symposium on Improved Oil Recovery*. Tulsa. doi: <http://doi.org/10.2118/113468-MS>
24. Kondrat, O. R. (1997). Vydobutok zashchemlenoho hazu z obvodnenykh rodovysykh. *Tezy nauk.-tekhn. Konf. Prof.-vykl. Skladu un-tu nafty i hazu*. Ivano-Frankivsk: IFNTUNH, NDI NHT, 6.
25. Burachok, O., Pershyn, D., Spyrou, C., Turkarslan, G., Nistor, M. L., Matkivskiy, S. et. al. (2020). Gas-Condensate PVT Fluid Modeling Methodology Based on Limited Data. *EAGE 2020 Annual Conference & Exhibition Online*. Amsterdam, 1–5. doi: <http://doi.org/10.3997/2214-4609.202010155>
26. Whitson, C. H., Brule, M. R. (2000). *Phase Behavior*. Richardson, 240.

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225212

#### DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF GAS CONDENSATE EXTRACTION FROM THE FORMATION IN THE CONDITIONS OF RETROGRADE CONDENSATION

pages 12–15

**Volodymyr Doroshenko**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Oil and Gas Technologies, Engineering and Heat Power Engineering, Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine, e-mail: [doroshenko444@gmail.com](mailto:doroshenko444@gmail.com), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3408-6124>

**Oleksandr Titlov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Oil and Gas Technologies, Engineering and Heat Power Engineering, Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine, e-mail: [titlov1959@gmail.com](mailto:titlov1959@gmail.com), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1908-5713>

**Ivan Kuper**, PhD, Associate Professor, Department of Oil and Gas Production, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine, e-mail: [ivankuper@ukr.net](mailto:ivankuper@ukr.net), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1058-1382>

The object of research is gas condensate fields at a late stage of their development under conditions of a decrease in reservoir pressure below the pressure of condensate separation from a gaseous state. Reservoir losses of condensate during the development of deposits in depletion mode can reach 78 %, which entails the need to use various methods of stimulating the reservoir system to remove it. The most acceptable method is the use of a cycling process by re-injection (recirculation) of the produced and separated gas into the formation. A significant disadvantage of the cycling process is the long-term conservation of gas reserves as a result of its re-injection into the reservoir and significant capital and operating costs for dry gas injection. From a technological point of view, the use of the cycling process is constrained by the low value of the sweep efficiency. Dry gas that is injected has a lower viscosity in terms of the gas-

condensate mixture is withdrawn from the reservoir, and under the conditions of the heterogeneous structure of the reservoir, its rapid breakthrough from injection to production wells takes place and, as a result, a decrease in the efficiency of condensate recovery. As an alternative to the cycling process for extracting retrograde condensate from the reservoir, it has been proposed to squeeze it out with water.

The paper proposes a unified waterflooding system, actually displacing condensate with water or a gas-water mixture. This is achieved by controlled operation of injection and production wells. First, gas is taken from the wells, and with the appearance of water in the product, methods of intensifying the transfer to the surface are used. If necessary, the wells are switched to forced production mode. The results of laboratory studies carried out on real samples of core material from the Andriyashivske gas condensate field (Ukraine) are presented. The directions of the implementation of gas-water repression in gas condensate fields with the parallel use of restrained reservoir gas available in the reservoir are substantiated. The technology allows to extract up to 50 % of the condensate dropped out in the reservoir.

**Keywords:** gas condensate fields, retrograde condensate, cycling process, unified waterflooding system, gas-water repression.

#### References

1. Zakirov, S. N. (1998). *Razrabotka gazovykh, gazokondensatnykh i neftegazo-kondensatnykh mestorozhdenii*. Moscow: Struna, 628.
2. Kondrat, R. M. (1992). *Gazokondensatootdacha plastov*. Moscow: Nedra, 253.
3. Kashuba, A. V. (2011). O vozmozhnosti obrazovaniia tekhnogennoi otorochki retrogradnogo kondensata pri razrabotke gazokondensatnykh zalezhei. *Vestnik OGU*, 16 (135), 52–54.
4. Zakirov, S. N. (1989). *Teoriia i proektirovanie razrabotki gazovykh i gazokondensatnykh mestorozhdenii*. Moscow: Nedra, 330.
5. *Tekhnicheskii seminar obschestva inzhenerov neftianikov «Kondensatootdacha gazokondensatnykh mestorozhdenii»* (2008). SPE Society of Petroleum Engineers. Moscow.
6. Zakirov, S. N., Kondrat, R. M. (1990). Aktivnoe vozdeistvie na protsess razrabotki mestorozhdenii prirodnykh gazov s tseliu povysheniia uglevodorodootdachi plastov. *Razrabotka gazokondensatnykh mestorozhdenii. Sektsiia 3 – Razrabotka neftegazokondensatnykh mestorozhdenii*. Krasnodar, 24–28.
7. Iunusova, L. V., Volkov, A. N., Pankratova, E. I., Morev, A. I. (2012). Razrabotka meropriatii po povysheniiu effektivnosti tekhnologii aktivnogo vozdeistviia na plast na Vuktylskom NGKM. *Gazovaia promyshlennost*, 5, 29–32.
8. Uliashev, V. E., Popon, A. A., Dementev, D. A. (2005). Otsenka vozmozhnosti doizvlecheniia retrogradnogo kondensata iz obvodnenogo plasta putem prokachki «sukhogo» gaza. *Nauchnye problemy i perspektivy neftegazovoi otrasli v Severo-Zapadnom regione Rossii: Ch. 2. Razrabotka i ekspluatatsiia mestorozhdenii. Kompleksnye issledovaniia plastov i skvazhin*. Ukhta, 184–194, 222–223.
9. Agarwal, R. G., Al-Hussainy, R., Ramey, H. J. (1965). The Importance of Water Influx in Gas Reservoirs. *Journal of Petroleum Technology*, 17 (11), 1336–1342. doi: <http://doi.org/10.2118/1244-pa>
10. Lutes, J. L., Chiang, C. P., Rossen, R. H., Brady, M. M. (1977). Accelerated Blowdown of a Strong Water-Drive Gas Reservoir. *Journal of Petroleum Technology*, 29 (12), 1533–1538. doi: <http://doi.org/10.2118/6166-pa>
11. Shirkovskii, A. I. (1979). *Razrabotka i ekspluatatsiia gazovykh i gazokondensatnykh mestorozhdenii*. Moscow: Nedra, 300.
12. Rivas-Gomes, S. (1984). Rukovoditel laboratorii fiziki plasta kompanii «Pemeks», Meksika. Zavodnenie gazokondensatnykh plastov. *Neft i gaz za rubezhem*, 4, 16–22.
13. Burachok, O. V. (2007). Doslidzhennia mozhlyvosti vytisnennia vo-doiu kondensatu, shcho vypav u plasti. *Naftova i hazova promyslovist*, 2, 29–32.

14. Bikman, Ye. S., Hnyp, M. P., Doroshenko, V. M. et al. (2004). Perspektivy pidvyshchennia vuhlevodneviddachi Andriiashivskoho HKR. *Nafta i haz Ukrainy – 2004*. Lviv: Tsentri Yevropy, 2, 19–21.
15. Hnyp, M. P., Prokopiv, V. Y., Doroshenko, V. M., Tarabarynov, P. V., Mykhailiuk, V. D. (2006). Pat. No. 76353 UA. *Sposib rozrobky hazokondensatnoho rodovyshcha*. MPK: E21B 43/18, E21B 43/16. No. 2004 1109445. declared: 17.11.2004; published: 17.07.2006, Bul. No. 7.
16. Uliashev, V. E., Burakov, Iu. G., Melentev, G. IA., Dementev, D. A., Chuprova, V. F. (2005). Eksperimentalnye issledovaniia po izvlecheniu retrogradnogo kondensata iz obvodnennogo plasta s ispolzovaniem zaschemlennogo gaza. *Nauchnye problemy i perspektivy neftegazovoi otrasli v Severo-Zapadnom regione Rossii. Ch. 2. Razrabotka i ekspluatatsiia mestorozhdenii. Kompleksnye issledovaniia plastov i skvazhin*. Ukhta, 194–213, 223.

## MEASURING METHODS IN CHEMICAL INDUSTRY

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225023

### STUDY OF STRUCTURE OF FLOWS OF A TECHNOLOGICAL APPARATUS USING THE THEORY OF RANDOM FUNCTIONS

pages 16–20

*Yurii Beznosyk*, PhD, Associate Professor, Department of Automation Hardware and Software, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: [yu\\_beznosyk@ukr.net](mailto:yu_beznosyk@ukr.net), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7425-807X>

*Liudmyla Bugaieva*, PhD, Associate Professor, Department of Automation Hardware and Software, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: [bugaeva\\_l@ukr.net](mailto:bugaeva_l@ukr.net), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2576-6048>

The object of research is the structure of flows in the absorber of hydrogen chloride. One of the most problematic areas in the study of flow hydrodynamics in chemical-technological devices are both technological and technical difficulties, when the device is exposed to random disturbances and/or the supply of a standard indicator is impossible due to a violation of the technological regulations.

A method for studying the hydrodynamic structure of flows in a shelf absorber of hydrogen chloride of the «Korobon-KA» type (Germany) in the normal operation of a chemical apparatus using the theory of random functions is proposed. An industrial experiment was carried out on the operating equipment to determine the input and output concentrations of the components of the gas flow. The absorber of hydrogen chloride is considered as a one-dimensional object, at the input of which a random function acts – the concentration of hydrogen chloride in the input stream, and at the output there is a random variable – the concentration of hydrogen chloride in the output stream. The method for determining hydrogen chloride and chlorine in a gas stream is based on the absorption of chlorine by a solution of potassium iodide, followed by titration of the released iodine with sodium thiosulfate. In parallel, portions of acid were sampled at the inlet and outlet, and then the density and temperature of the hydrochloric acid solutions were determined.

An algorithm for calculating the impulse function estimates is developed. The obtained experimental data are smoothed. As a result of processing the experimental data, autocorrelation and cross-correlation functions were obtained, the Wiener-Hopf equation was solved, and the impulse weight function was obtained. Having calculated the moments of the obtained impulse weight function, it was proved that the structure of flows in the «Korobon-KA» absorber can be satisfactorily described by the ideal displacement model. The calculations were carried out in software environments MathCAD, Matlab.

According to the results obtained, the proposed method for determining the hydrodynamic structure of flows will find application in the study of chemical-technological devices, when the object is exposed to random disturbances and the supply of a standard indicator is impossible due to violation of technological regulations. This makes it possible to find the parameters of flow hydrodynamics in the apparatus in the mode of its normal operation.

**Keywords:** flow hydrodynamics, dynamic characteristics, autocorrelation function, cross-correlation function, Wiener-Hopf equation, distribution function.

#### References

- Kafarov, V. V., Glebov, M. B. (2018). *Matematicheskoe modelirovanie osnovnykh protsessov khimicheskikh proizvodstv*. Moscow: Iurait, 403.
- Bendat, J. S., Piersol, A. G. (2010). *Random Data: Analysis and Measurement Procedures*. Wiley, 640. doi: <http://doi.org/10.1002/9781118032428>
- Volgin, V. V., Karimov, R. N. (1979). *Otsenka korreliatsionnykh funktsii v promyshlennykh sistemakh upravleniia*. Moscow: Energiia, 80.
- Balakirev, V. S., Dudnikov, E. G., Tsirlin, A. M. (1967). *Eksperimentalnoe opredelenie dinamicheskikh kharakteristik promyshlennykh obektov upravleniia*. Moscow: Energiia, 232.
- Vrentas, J. S., Vrentas, C. M. (2007). Axial conduction with boundary conditions of the mixed type. *Chemical Engineering Science*, 62 (12), 3104–3111. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ces.2007.03.009>
- Vrentas, J. S., Vrentas, C. M. (2015). Dependence of Heat Transfer in a Circular Tube with Prescribed Wall Flux on Peclet Number and on Heating Length. *Chemical Engineering Communications*, 202 (7), 964–970. doi: <http://doi.org/10.1080/00986445.2014.883975>
- Lawrie, J. B., Abrahams, I. D. (2007). A brief historical perspective of the Wiener-Hopf technique. *Journal of Engineering Mathematics*, 59 (4), 351–358. doi: <http://doi.org/10.1007/s10665-007-9195-x>
- Cozzolino, D. (2014). The use of correlation, association and regression to analyse processes and products. *Mathematical and Statistical Approaches in Food Science and Technology*. Oxford, 19–30. doi: <http://doi.org/10.1002/9781118434635.ch02>
- Kozub, D. J., Macgregor, J. F., Wright, J. D. (1987). Application of LQ and IMC controllers to a packed-bed reactor. *AIChE Journal*, 33 (9), 1496–1507. doi: <http://doi.org/10.1002/aic.690330909>
- Rakoczy, R., Masiuk, S., Kordas, M. (2010). Application of statistical analysis in the formulation of sewage treatment plant mathematical model. *Inż. Ap. Chem.*, 49 (4), 64–65.
- Sandrock, C., de Vaal, P. L. (2009). Dynamic simulation of Chemical Engineering systems using OpenModelica and CAPE-OPEN. *Computer Aided Chemical Engineering*, 26, 859–864. doi: [http://doi.org/10.1016/S1570-7946\(09\)70143-9](http://doi.org/10.1016/S1570-7946(09)70143-9)
- Buhaieva, L. M., Boiko, T. V., Beznosyk, Yu. O. (2017). *Systemnyi analiz khimiko-tekhnologichnykh kompleksiv*. Kyiv: Interservis, 254.
- Khimicheskaiia apparatura iz grafitovykh materialov: katalog spravochnik* (2008). Sovmestnoe rossiisko-germanskoe predpriiatie OOO «Donkarb grafit».
- Verlan, A. F., Sizikov, V. S. (1986). *Integralnye uravneniia: metody, algoritmy, programmy*. Kyiv: Naukova dumka, 543.
- Tikhonov, A. N., Arsenin, V. Ia. (1979). *Metody resheniia nekorrektnykh zadach*. Moscow: Nauka, 285.
- Golovanchikov, A. B., Dulkina, N. A. (2009). *Modelirovanie struktury potokov v khimicheskikh reaktorakh*. Volgograd: VolgGTU, 240.
- Gelperin, N. I., Pebalk, V. L., Kostanian, A. E. (1977). *Struktura potokov i effektivnost kolonnykh apparatov khimicheskoi promyshlennosti*. Moscow: Khimiia,

# ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225328

## STUDY OF DUST COLLECTION EFFECTIVENESS IN CYCLONIC-VORTEX ACTION APPARATUS

pages 21–25

**Andrei Torsky**, PhD, Department of Production Machines and Equipment, M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: nii\_mm@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9553-2496>

**Alexander Volnenko**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Production Machines and Equipment, M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: nii\_mm@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6800-9675>

**Leonid Plyatsuk**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Ecology and Environmental Protection Technologies, Sumy State University, Sumy, Ukraine, e-mail: l.plyacuk@ecolog.sumdu.edu.ua, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7032-1721>

**Larysa Hurets**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Ecology and Environmental Protection Technologies, Sumy State University, Sumy, Ukraine, e-mail: l.gurets@ecolog.sumdu.edu.ua, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2318-4223>

**Daulet Zhumadullayev**, PhD, Lecturer, Department of Production Machines and Equipment, M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: daulet\_ospl@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6552-2817>

**Abay Abzhabparov**, Lecturer, Department of Production Machines and Equipment, M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: daulet\_ospl@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6326-8421>

The object of research is the efficiency of dust collection of fine dust in an apparatus with an intense turbulent mode of phase interaction. One of the most problematic areas of the existing dust and gas cleaning equipment is the low efficiency of collecting fine dust. Effective cleaning of exhaust gases from dust involves the use of multi-stage cleaning systems, including wet and dry dust cleaning devices, which entails high capital and operating costs. These disadvantages are eliminated in the developed design of the cyclone-vortex dust collector with two contact zones. The device implements both dry and wet dust collection mechanisms, which allows for high efficiency of dust removal at high productivity.

The conducted studies of the total and fractional efficiency of dust collection when changing the operating parameters of the developed device showed that the efficiency of collecting fine dust is 98–99%. The increase in the efficiency of dust collection in the dry stage of the device is due to an increase in centrifugal force. In the wet stage of contact, the efficiency reaches its maximum values due to the vortex crushing of the liquid in the nozzle zone of the apparatus. Studies of the fractional efficiency of the apparatus show that with an increase in the diameter of the captured particles, the efficiency of the dust collection process for dry and wet stages, as well as the overall efficiency, increases. With an increase in the density of irrigation, the overall efficiency of dust collection in the apparatus increases. It has been established that an increase in the efficiency of capturing highly dispersed particles occurs due to turbulent diffusion, the value of which is determined by the frequency of turbulent

pulsations and the degree of entrainment of particles during the pulsating motion of packed bodies. To describe the results obtained, a centrifugal-inertial model for a dry contact stage and a turbulent-diffusion model of solid particle deposition for a wet contact stage are proposed, which make it possible to calculate the dust collection efficiency of the contact stages, as well as the overall efficiency of the cyclone-vortex apparatus.

The results obtained show the prospects of using devices of this design at heat power plants and other industries.

Keywords: dust and gas emissions, complex cleaning, centrifugal force, regular packing, vortex interaction, dust collection efficiency.

### References

- Matus, K., Nam, K.-M., Selin, N. E., Lamsal, L. N., Reilly, J. M., Paltsev, S. (2012). Health damages from air pollution in China. *Global Environmental Change*, 22 (1), 55–66. doi: <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.08.006>
- Neira, M. (2016). *Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease*. Geneva: WHO Document Production Services, 132.
- Gedik, K., Imamoglu, I. (2011). A preliminary investigation of the environmental impact of a thermal power plant in relation to PCB contamination. *Environmental Science and Pollution Research*, 18 (6), 968–977. doi: <http://doi.org/10.1007/s11356-010-0430-z>
- Mishra, U. (2004). Environmental impact of coal industry and thermal power plants in India. *Journal of Environmental Radioactivity*, 72 (1-2), 35–40. doi: [http://doi.org/10.1016/s0265-931x\(03\)00183-8](http://doi.org/10.1016/s0265-931x(03)00183-8)
- George, J., Mastro, R. E., Ram, L. C., Das, T. B., Rout, T. K., Mohan, M. (2014). Human Exposure Risks for Metals in Soil Near a Coal-Fired Power-Generating Plant. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 68 (3), 451–461. doi: <http://doi.org/10.1007/s00244-014-0111-x>
- Demirak, A., Balci, A., Dalman, Ö., Tüfekçi, M. (2005). Chemical Investigation of Water Resources Around the Yatagan Thermal Power Plant of Turkey. *Water, Air, & Soil Pollution*, 162 (1-4), 171–181. doi: <http://doi.org/10.1007/s11270-005-5999-3>
- Raptis, C. E., Pfister, S. (2016). Global freshwater thermal emissions from steam-electric power plants with once-through cooling systems. *Energy*, 97, 46–57. doi: <http://doi.org/10.1016/j.energy.2015.12.107>
- Hurets, L. L., Kozii, I. S., Miakaieva, H. M. (2017). Directions of the environmental protection processes optimization at heat power engineering enterprises. *Journal of Engineering Sciences*, 4 (2), g12–g16. doi: [http://doi.org/10.21272/jes.2017.4\(2\).g12](http://doi.org/10.21272/jes.2017.4(2).g12)
- Abdul-Wahab, S. A., Jupp, B. P. (2009). Levels of heavy metals in subtidal sediments in the vicinity of thermal power/desalination plants: a case study. *Desalination*, 244 (1), 261–282. doi: <http://doi.org/10.1016/j.desal.2008.06.007>
- Raja, R., Nayak, A. K., Shukla, A. K., Rao, K. S., Gautam, P., Lal, B. (2015). Impairment of soil health due to fly ash-fugitive dust deposition from coal-fired thermal power plants. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187 (11), 679. doi: <http://doi.org/10.1007/s10661-015-4902-y>
- Wang, X., Du, L. (2016). Study on carbon capture and storage (CCS) investment decision-making based on real options for China's coal-fired power plants. *Journal of Cleaner Production*, 112 (5), 4123–4131. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.112>
- Tock, L., Maréchal, F. (2015). Environmental optimal design of power plants with CO<sub>2</sub> capture – Environmental optimal design of power plants with CO<sub>2</sub> capture. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 39, 245–255. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ijggc.2015.05.022>

13. Miller, B. G. (2011). Anatomy of a Coal-Fired Power Plant. *Clean Coal Engineering Technology*. Butterworth-Heinemann, 219–250. doi: <http://doi.org/10.1016/b978-1-85617-710-8.00006-6>
14. Phillips, H. W. (2000). Select the proper gas cleaning equipment. *Chemical Engineering Progress*, 96 (9), 19–38.
15. Hession, M. (1997). Incinerator and gas cleaning equipment overview. *Health estate journal*, 51 (8), 6–7.
16. Sutherland, K. (2007). Choosing equipment: Cleaning air and gas. *Filtration & Separation*, 44 (1), 16–19. doi: [http://doi.org/10.1016/s0015-1882\(07\)70020-4](http://doi.org/10.1016/s0015-1882(07)70020-4)
17. Straus, V. (1981). *Promyshlennaia ochistka gazov*. Moscow: Khimiia, 616.
18. Wu, X., Wu, K., Zhang, Y., Hong, Q., Zheng, C., Gao, X., Cen, K. (2017). Comparative life cycle assessment and economic analysis of typical flue-gas cleaning processes of coal-fired power plants in China. *Journal of Cleaner Production*, 142 (4), 3236–3242. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.146>
19. Omarkulov, P. K. (2003). Mekhanyzm vzaymodeistviya potokov v hazozhydkostnoi systeme. *Khimichna promyslovist Ukrainy*, 2, 31–32.
20. Birger, M. I., Valdberg, A. Iu., Miagkov, B. I. et. al.; Rusanov, A. A. (Ed.) (1983). *Spravochnik po pyle – i zoloulavlianiiu*. Moscow: Energoatomizdat, 312.
21. Gimbut, J., Choong, T. S. Y., Fakhru'l-Razi, A., Chuah, T. G. (2012). Prediction of the Effect of Dimension, Particle Density, Temperature, and Inlet Velocity on Cyclone Collection Efficiency. *Jurnal Teknologi*, 40, 37–50. doi: <http://doi.org/10.11113/jt.v40.421>
22. Balabekov, O. S., Volnenko, A. A. (2015). *Raschet i konstruirovaniye teplomassoobmennykh i pyleulavliavushchikh apparatov s podvizhnoi i reguliarnoi nasadkoi*. Shymkent, 184.
23. Balabekov, O. S., Petin, V. F. (2000). *Zakonomernost vzaimodeistviia vikhrei, vznikaiuschikh pri otrynom obtekanii potokom gaza ili zhidkosti diskretno raspolozhennykh vdol nego tel*. Svidetelstvo o nauchnom otkrytii No. 144. Moscow: Mezhdunarodnaia assotsiatsiia avtorov nauchnykh otkrytii.
24. Kouzov, P. A., Skriabina, L. Ia. (1983). *Metody opredeleniia fiziko-khimicheskikh svoistv promyshlennykh pylei*. Leningrad: Khimiia, 143.
25. Sharygin, M. P. (1992). *Razrabotka i raschet ustroystv dlia razrusheniia otlozhenii i pyleulavliavaniia s upravliaemym vikhrevym potokom*. Moscow: 480.
26. Volnenko, A. A. (1999). *Nauchnye osnovy razrabotki i rascheta vikhrevykh massoobmennykh i pyleulavliavushchikh apparatov*. Shymkent, 300.
27. Leith, D., Licht, W. (1972). The Collection Efficiency of Cyclone-Type Particle Collectore – A New Theoretical Approach. *AICH, Symposium Series*, 68 (126), 196–206.
28. Uzhov, V. N., Valdberg, A. Iu., Miagkov, B. I., Reshidov, I. K. (1981). *Ochistka promyshlennykh gazov ot pyli*. Moscow: Khimiia, 390.

## FOOD PRODUCTION TECHNOLOGY

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225530

### EVALUATION OF OXIDITY RESISTANCE OF MILK-CONTAINING PRODUCTS BASED ON BLENDING OF VEGETABLE OILS

pages 26–33

*Tatiana Belemets*, Assistant, Department of Biotechnology and Microbiology, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, e-mail: [Tatiana\\_Belemets@i.ua](mailto:Tatiana_Belemets@i.ua), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6701-1711>

*Irina Radzievskaya*, PhD, Associate Professor, Department of Technology of Fats and Perfumery-Cosmetic Products, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, e-mail: [logos2007@ukr.net](mailto:logos2007@ukr.net), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6081-0625>

*Oksana Tochkoza*, PhD, Associate Professor, Department of Technology Conservation, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, e-mail: [oksanatochkoza063@gmail.com](mailto:oksanatochkoza063@gmail.com), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0315-8757>

*Nataliia Yushchenko*, PhD, Associate Professor, Department of Restaurant Technology and Ayurvedic Products, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, e-mail: [YuNM\\_NUFT@ukr.net](mailto:YuNM_NUFT@ukr.net), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4277-5782>

*Uliana Kuzmyk*, PhD, Associate Professor, Department of Milk and Dairy Product Technology, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, e-mail: [ukuzmik@gmail.com](mailto:ukuzmik@gmail.com), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2617-006X>

*Artur Mykhalevych*, Department of Milk and Dairy Product Technology, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, e-mail: [artur0707@ukr.net](mailto:artur0707@ukr.net), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4212-9457>

It is known that one of the main causes of spoilage of fats (in particular vegetable fats), as well as products made with their use, is an increase in acid and peroxide numbers. Physicochemical

indicators have a significant impact not only on the quality and organoleptic characteristics of the product, but also on its safety. For this purpose, the dependence of the indicators of acid and peroxide numbers of the created blend of vegetable oils in the technologies of milk-containing products during storage has been investigated. The object of research is experimental samples of a three-component blend of vegetable oils and milk fat isolated from milk-containing curd paste and milk-containing sour cream sauce. The subject of research is the dynamics of the growth of acid and peroxide numbers of samples and changes in their organoleptic quality indicators.

The obtained data on the kinetics of oxidation of a blend of vegetable oils indicate that the increase in acid and peroxide numbers during the studied shelf life does not differ in intensity. The average threshold for an increase in acid and peroxide numbers is insignificant and amounts to 0.02–0.03 mgKOH/h and 0.2–0.21 mmol1/2O/kg for 5 days. In accordance with the obtained results of the kinetics of oxidation of the released fat of milk-containing curd paste, there is a slight increase in acid and peroxide numbers, namely: at the end of 7 days – up to 0.3 mgKOH/h and 1.9 mmol1/2O/kg, respectively, and in at the end of 10 days – up to 0.32 mgKOH/h and 2.3 mmol1/2O/kg. Based on the obtained results of the kinetics of oxidation of the released fat from the milk-containing sour cream sauce, there is a tendency to a gradual increase in the acid and peroxide numbers with an increase in the oxidation time. It is noted that the maximum values of acidic – 0.3 mgKOH/h and peroxide numbers – 2.2 mmol1/2O/kg at the end of the shelf life of 21 days are reached. According to the results obtained for the organoleptic evaluation of experimental samples of the blend and the released fat from milk-containing products, no significant changes were found during the studied shelf life.

**Keywords:** milk-containing curd paste, milk-containing sour cream sauce, blend of vegetable oils, acid number, peroxide number.

#### References

1. Ostrikov, A. N., Gorbatova, A. V., Filiptsov, P. V. (2016). Analiz zhirnokislотного состава масел арахиса и грецкого ореха. *Tekhnologii*

- pischevoi i pererabatyvaiushei promyshlennosti APK-produkty zdorovogo pitanniia*, 4, 37–42.
- Prokopenko, L. G., Boiniazheva, L. I., Pavlova, E. V. (2009). Poline-nasyschennye zhirnye kisloty v rastitelnykh maslakh. *Maslozhirovaia promyshlennost*, 2, 11–12.
  - Safonova, E. F., Slivkin, A. I., Frolova, O. V., Korenskaia, I. M. (2006). Izuchenie stabilnosti i srokov godnosti masla semian amaranta. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Khimiia. Biologiia. Farmatsiia*, 1, 213–215.
  - Belemets, T., Yushchenko, N., Lobok, A., Radzievskaya, I., Polonskaya, T. (2016). Optimization of composition of blend of natural vegetable oils for the production of milk-containing products. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (11 (83)), 4–9. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.81405>
  - Martin-Moreno, J. M. (2000). The role of olive oil in lowering cancer risk: Is this real gold or simply pinchbeck? *Journal of Epidemiology & Community Health*, 54 (10), 726–727. doi: <http://doi.org/10.1136/jech.54.10.726>
  - Radzievska, I. G., Melnyk, O. P. (2015). Kinetic Characteristics of Oil Natural Antioxidants. *Nauka Ta Innovacii*, 11 (4), 32–37. doi: <http://doi.org/10.15407/scin11.04.032>
  - Belemets, T., Yushchenko, N., Lobok, A., Radzievskaya, I., Polonskaya, T. (2016). Mathematical development program for calculation of fatty acid composition blend of vegetable oils. *EUREKA: Life Sciences*, 4, 57–66. doi: <http://doi.org/10.21303/2504-5695.2016.00192>
  - Belemets, T., Radzievskaya, I., Yushchenko, N., Kuzmyk, U. (2020). Determining the efficiency of using egg products for the stabilization of emulsion when making milk-containing curds-based products. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (11 (106)), 14–23. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.210006>
  - Nogueira, M. S., Sclaro, B., Milne, G. L., Castro, I. A. (2019). Oxidation products from omega-3 and omega-6 fatty acids during a simulated shelf life of edible oils. *LWT*, 101, 113–122. doi: <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.044>
  - Özcan, M. M., Arslan, D. (2011). Antioxidant effect of essential oils of rosemary, clove and cinnamon on hazelnut and poppy oils. *Food Chemistry*, 129 (1), 171–174. doi: <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.01.055>
  - Syrokhnian, I. V. (2015). Problemy polipshennia spozhyvnykh vlastyvostei i stabilizatsii yakosti roslynnykh olii. *Visnyk Lvivskoi komert-siinoi akademii. Seria tovaroznavcha*, 15, 71–76. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlca\\_2015\\_15\\_15](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlca_2015_15_15)
  - Chakraborty, N., Muhie, S., Kumar, R., Gautam, A., Srinivasan, S., Sowe, B. et. al. (2017). Contributions of polyunsaturated fatty acids (PUFA) on cerebral neurobiology: an integrated omics approach with epigenomic focus. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 42, 84–94. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2016.12.006>
  - Smoliar, V. I. (2008). Suchasni problemy yakosti kharchovykh zhyriv. *Problemy kharchuvannia*, 3/4, 5–12. Available at: [http://medved.kiev.ua/web\\_journals/arhiv/nutrition/2008/3-4\\_08/str05.pdf](http://medved.kiev.ua/web_journals/arhiv/nutrition/2008/3-4_08/str05.pdf)
  - Landucci, G., Pannocchia, G., Pelagagge, L., Nicoletta, C. (2013). Analiz ta modeliuivannia protsesu pererobky promyslovoi roslynnoi olii. *Zhurnal kharchovoi tekhniki*, 116 (4), 840–851.
  - Szydłowska-Czernecka, A., Łaszewska, A. (2015). Effect of refining process on antioxidant capacity, total phenolics and prooxidants contents in rapeseed oils. *LWT – Food Science and Technology*, 64 (2), 853–859. doi: <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.069>
  - Seppanen, C. M., Csallany, A. S. (2006). The effect of intermittent and continuous heating of soybean oil at frying temperature on the formation of 4-hydroxy-2-trans-nonenal and other  $\alpha$ -,  $\beta$ -unsaturated hydroxyaldehydes. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83 (2), 121–127. doi: <http://doi.org/10.1007/s11746-006-1184-0>
  - Bondarenko, Zh. V., Emello, G. G., Khavanskaia, O. I. (2016). Vliianie termoobrabotki na ustoychivost k okisleniiu i zhirkislolotnii sostav smesi rastitelnykh masel. *Trudy BGTU. Seria 2: Khimicheskie tekhnologii, biotekhnologiia, geokologiia*, 4, 162–166.
  - Matskiv, O. O., Solod, M. I., Vasylykevych, V. O., Ivasiv, V. V. (2015). Vyvchennia osnovnykh pokaznykiv yakosti sumishi llianioi, konopliano i ta hirchychnoi olii dlia zastosuvannia yikh u kharchuvanni. *Kharchova promyslovist*, 18, 32–37. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khp\\_2015\\_18\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khp_2015_18_8)
  - Verhé, R., Verleyen, T., Van Hoed, V., De Greyt, W. (2006). Influence of refining of vegetable oils on minor components. *Journal of Oil Palm Research*, 4, 168–179.
  - Caponio, F., Pasqualone, A., Catalano, P., Gomes, T., Summo, C. (2004). Influenza della temperatura iniziale del frangitore sulla qualità degli oli extra vergini di oliva estratti. *Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*, 81 (1), 19–22.
  - Boriaev, G. I., Pogolian, D. G. (2008). Ispolzovanie selenopirana v kachestve antioksidanta v maslozhirovykh produktakh. *Tekhnologiia pererabotki selskokhoziaistvennoi produktsii*, 2, 76–79.
  - Shemanska, Ye. I. (2012). Sklad i biolohichna tsinnist olii kholodnoho presuvannia. *Visnyk DonNUET. Ser. Tekhnichni nauky*, 1 (53), 221–225.
  - Frenoux, J.-M. R., Prost, E. D., Belleville, J. L., Prost, J. L. (2001). A Polyunsaturated Fatty Acid Diet Lowers Blood Pressure and Improves Antioxidant Status in Spontaneously Hypertensive Rats. *The Journal of Nutrition*, 131 (1), 39–45. doi: <http://doi.org/10.1093/jn/131.1.39>
  - Leong, X. F., Ng, C. Y., Jaarin, K., Mustafa, M. R. (2015). Effects of repeated heating of cooking oils on antioxidant content and endothelial function. *Austin Journal of Pharmacology and Therapeutics*, 3 (2), 1068.
  - Falade, A., Oboh, G., Okoh, A. (2017). Potential Health Implications of the Consumption of Thermally-Oxidized Cooking Oils – a Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 67 (2), 95–105. doi: <http://doi.org/10.1515/pjfn-2016-0028>
  - Khatskevych, Yu. M., Nepochatykh, T. A., Ivanchenko, O. S. (2011). Zminy yakosti zhyrovnykh komponentiv u maionezni produktsii pid chas zberihannia. *Prohresychni tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli*, 1, 282–287. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pt\\_2011\\_1\\_47](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pt_2011_1_47)
  - Efimenko, S. G., Efimenko, S. K., Bykova, S. F., Davidenko, E. K. (2012). Novye vidy podsolnechnogo masla s izmenennym zhirnokislolotnym sostavom. *Maslozhirovaia promyshlennost*, 4, 16–18.
  - Nekrasova, T. E. (2005). Naturalnye antioksidanty dlia maslozhirovoi produktsii. *Masla i zhiry*, 4, 2–3.
  - Aluyor, E. O., Ori-Jesu, M. (2008). The use of antioxidants in vegetable oils – A review. *African Journal of Biotechnology*, 7 (25), 4837–4842. Available at: <http://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/59677>
  - Fedak, N. V., Dykhtiar, A. M., Kyrychenko, V. V., Tymchuk, S. M., Pozdniakov, V. V., Tymchuk, V. M. (2012). Dynamika vmistu tokoferoliv v oliakh soniashnyku z riznym zhyrnokislolotnym skladom v protsesi nahrivannia. *Pratsi Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu*, 12 (4), 139–145.
  - Paronian, V. Kh., Voskanian, O. S. (2004). Analiz vlianiia rozlichnykh faktorov na kachestvo zhirov. *Maslozhirovaia promyshlennost*, 2, 10–11.
  - Karabulut, I. (2010). Effects of  $\alpha$ -tocopherol,  $\beta$ -carotene and ascorbyl palmitate on oxidative stability of butter oil triacylglycerols. *Food Chemistry*, 123 (3), 622–627. doi: <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.04.080>
  - Palamarchuk, A. I., Lashko, N. P. (2015). Vplyv antyoksydantnykh vlastyvostei vitaminu E na termin zberihannia roslynnoi olii. *Aktualni pytannia biolohii, ekolohii ta khimii*, 10 (2), 83–90. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/apd\\_2015\\_10\\_2\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/apd_2015_10_2_11)
  - Pasichnyi, V., Shevchenko, O., Khrapachov, O., Marynin, A., Radzievskaya, I., Matsuk, Y. et. al. (2020). Prognostication of stor-

age terms for pasteurized sausages with active package elements. *EUREKA: Life Sciences*, 4, 34–43. doi: <http://doi.org/10.21303/2504-5695.2020.001376>

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225528

## INTENSIFICATION OF THE FLOW PROCESS OF GRAIN DRYING USING TWO-SIDED INFRARED IRRADIATION

pages 34–38

**Vladyslav Palamarchuk**, PhD, Associate Professor, Department of Commodity Science, Expertise and Commercial Business, Vinnytsia Institute of Trade and Economics of Kyiv National University of Trade and Economics, Vinnytsia, Ukraine, e-mail: [kupc1989@gmail.com](mailto:kupc1989@gmail.com), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7478-9521>

**Sergii Gyrych**, PhD, Associate Professor, Department of Commodity Science, Expertise and Commercial Business, Vinnytsia Institute of Trade and Economics of Kyiv National University of Trade and Economics, Vinnytsia, Ukraine, e-mail: [c1902@ukr.net](mailto:c1902@ukr.net), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0342-092X>

**Olga Vasilishina**, Assistant, Department of Commodity Science, Expertise and Commercial Business, Vinnytsia Institute of Trade and Economics of Kyiv National University of Trade and Economics, Vinnytsia, Ukraine, e-mail: [olga\\_vasilishina@ukr.net](mailto:olga_vasilishina@ukr.net), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0955-511X>

**Olena Pahomska**, Assistant, Department of Commodity Science, Expertise and Commercial Business, Vinnytsia Institute of Trade and Economics of Kyiv National University of Trade and Economics, Vinnytsia, Ukraine, e-mail: [olana1980@ukr.net](mailto:olana1980@ukr.net), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0915-8811>

The object of research is the process of infrared drying of grain of agricultural crops. In the process of processing seeds of cereals and oilseeds is a fairly large number of technological operations, among which one of the most important is drying. Maintaining the required grain moisture is a major factor influencing its shelf life and quality. Therefore, an urgent and important problem is the intensification of the process of drying seeds of cereals and oilseeds at low energy consumption.

The process of infrared drying of grain has significant advantages over the most common convective drying due to the fact that no organic fuel is used. Infrared rays are characterized by high thermal action of products, so the demand for the use of infrared radiation in agricultural, food and processing industries for drying grain, bulk ingredients, thermal disinfection, etc. is growing. The principle of operation of the infrared method is that the moisture inside the grain absorbs infrared rays, due to which it is heated. In other words, energy is directly supplied to moisture, which is why we managed to achieve not only high efficiency but also high efficiency.

To increase the efficiency of removing moisture from the grain by infrared irradiation, it is necessary to increase the area of contact of grains with infrared rays. Given the permeability of infrared rays and the layer of grain on the working body of the conveyor, it is possible to use several ways to increase the area of irradiation. The first method is to apply the vibration of the working body to mix the layers of grain, which contributes to a more uniform processing of products. The second method described in this paper is to use a larger number of emitters, which are located not only above the tray of the conveyor, but also below it. The tray must be made of infrared-permeable material.

**Keywords:** infrared grain drying, vibration transportation, tray conveyor, vibration mixing, fluidized bed.

## References

- Zhilinskii, Iu. M., Kumin, V. D. (1982). *Elektricheskoe osvetschenie i obluchenie*. Moscow: Kolos, 272.
- Primenenie elektroenergii v selskom khoziaistve* (1974). Moscow: Kolos, 623.
- Kozinskii, V. A. (1991). *Elektricheskoe osvetschenie i obluchenie*. Moscow: Agroprom-izdat, 239.
- Burdo, O. G. (2008). *Energeticheskii monitoring pischevykh proizvodstv*. Odessa: Poligraf, 244.
- Snezhdin, Iu. F., Paziuk, V. M., Petrova, Zh. A., Mikhailik, T. A. (2010). Issledovaniia vliianiia parametrov sushki na kinetiku i vskhozhest semian rapsa. *Promyshlennaia teplotekhnika*, 32 (3), 37–42.
- Paziuk, V. M. (2019). *Teplotekhnichni osnovy sushinnia nasinnievoho zerna*. Kyiv, 355.
- Korinchuk, D. M., Demchuk, D. Yu. (2015). Fizychna model protsesu infrachervonoho sushinnia termolabilnykh materialiv. *Naukovi pratsi ONAKhT*, 47 (2), 98–100.
- Bandura, V. M., Kirienko, O. O. (2015). Rozvytok infrachervonoi tekhniki dlia obrobky zerna. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*, 3 (92), 53–57.
- Afzal, T. M., Abe, T., Hikida, Y. (1999). Energy and quality aspects during combined FIR-convection drying of barley. *Journal of Food Engineering*, 42 (4), 177–182. doi: [http://doi.org/10.1016/s0260-8774\(99\)00117-x](http://doi.org/10.1016/s0260-8774(99)00117-x)
- Brooker, D. B., Bakker-Arkema, F. W., Hall, C. W. (1992). *Drying and storage of grains and oilseeds*. New York: Van Nostrand Reinhold, 450.
- Jayas, D. S., Ghosh, P. K. (2006). *Preserving quality during grain drying and techniques for measuring grain quality*. Department of Biosystems Engineering, E2-376 Engineering and Information Technology Complex. University of Manitoba, 969–980.
- Khair, R., Pan, Z., Salim, A. (2006). Drying Rates of Thin Layer Rough Rice Drying Using Infrared Radiation. *ASABE Annual International Meeting*. Available at: [https://www.researchgate.net/profile/Zhongli\\_Pan/publication/43262362\\_Drying\\_Rates\\_of\\_Thin\\_Layer\\_Rough\\_Rice\\_Drying\\_Using\\_Infrared\\_Radiation/links/54b55c1c0cf28ebe92e50bd6/Drying-Rates-of-Thin-Layer-Rough-Rice-Drying-Using-Infrared-Radiation.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Zhongli_Pan/publication/43262362_Drying_Rates_of_Thin_Layer_Rough_Rice_Drying_Using_Infrared_Radiation/links/54b55c1c0cf28ebe92e50bd6/Drying-Rates-of-Thin-Layer-Rough-Rice-Drying-Using-Infrared-Radiation.pdf)
- Liu, Q., Bakker-Arkema, F. W. (2001). A model-predictive controller for grain drying. *Journal of Food Engineering*, 49 (4), 321–326. doi: [http://doi.org/10.1016/s0260-8774\(00\)00229-6](http://doi.org/10.1016/s0260-8774(00)00229-6)
- Prvulovic, S., Tolmac, D., Lambic, M. (2007). Convection Drying in the Food Industry. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*, IX (9). Available at: <https://ecommons.cornell.edu/bitstream/handle/1813/10679/Invited%20Overview%20Tolmac%20final%2030June2007.pdf?sequence=1>
- Hu, X., Wu, P., Zhang, S., Chen, S., Wang, L. (2018). Moisture conversion and migration in single-wheat kernel during isothermal drying process by LF-NMR. *Drying Technology*, 37 (7), 803–812. doi: <http://doi.org/10.1080/07373937.2018.1459681>
- Bandura, V. M., Palamarchuk, V. I. (2012). Eksperymentalni doslidzhennia kinetyky sushinnia ripaku ta soi v nerukhomomu shari v infrachervonomu poli. *Naukovi pratsi Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnolohii*, 41 (2), 110–113.
- Bandura, V. M., Tsurkan, O. V., Palamarchuk, V. I. (2015). Eksperymentalnoe issledovanie tekhnologicheskikh parametrov protsesa infrakrasnoi sushki dvizhushchegosia shara syria maslichnykh kultur. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*, 17 (4), 211–214.
- Palamarchuk, I. P., Bandura, V. M., Palamarchuk, V. I. (2012). Obgruntuvanniia konstruktyvnoi ta tekhnolohichnoi skhemy konveiernoi vibratsiinoi susharki. *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh*, 2 (66), 116–125.
- Palamarchuk, I. P. (2015). Justification of constructive-technological scheme of infrared vibrowave conveyor dryer for post-harvest pro-

cessing of granular agricultural products. *Proceedings of VNAU. A series of technical science*, 1 (1 (89)), 117–123.

20. Palamarchuk, I. P., Palamarchuk, V. I., Drachyshyn, V. I. (2013). Grounding parameters of flexible element in drive mechanism with combined kinematic vibroexcitation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (7 (66)), 25–30. Available at: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/18826>

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225531

## QUALITY CONTROL AND IDENTIFICATION OF ORGANIC BISCUITS

pages 39–44

**Alina Tkachenko**, PhD, Associate Professor, Department of Commodity Research, Biotechnology, Examination and Customs, Poltava University of Economics and Trade, Poltava, Ukraine, e-mail: [alina\\_biaf@ukr.net](mailto:alina_biaf@ukr.net), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5521-3327>

**Ivan Syrokhman**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Commodity Science, Technologies and Food Quality Management, Lviv University of Trade and Economics, Lviv, Ukraine, e-mail: [syrokhman@ukr.net](mailto:syrokhman@ukr.net), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0467-4198>

**Liudmyla Huba**, PhD, Associate Professor, Department of Commodity Research, Biotechnology, Examination and Customs, Poltava University of Economics and Trade, Poltava, Ukraine, e-mail: [lyudmika@gmail.com](mailto:lyudmika@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1008-6023>

**Yulia Basova**, PhD, Associate Professor, Department of Commodity Research, Biotechnology, Examination and Customs, Poltava University of Economics and Trade, Poltava, Ukraine, e-mail: [basovay5@gmail.com](mailto:basovay5@gmail.com), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4057-7712>

**Khrystyna Kovalchuk**, PhD, Associate Professor, Department of Commodity Research and Commodity Expertise, Lviv Institute of Economics and Touris, Lviv, Ukraine, e-mail: [khrystinakoalchuk1985@gmail.com](mailto:khrystinakoalchuk1985@gmail.com), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6894-9392>

The object of research is children's spelled biscuits Holle (Germany) and Belgian children's biscuits with pieces of Fleur Alpine chocolate (Belgium). Consumers often buy organic-branded traditional food products through unfair advertising and labeling violations. Due to the fact that organic products are often the subject of counterfeiting, quality expertise is especially important. Also, thanks to the conformity assessment of the labeling given in the work, it is possible to establish whether the product is really organic. The labeling of biscuits was analyzed for compliance with the Law of Ukraine «On Organic Production» and the Law of Ukraine «On Information for Food Consumers». The study showed that the labeling complies with legal requirements in both samples. It was also found that both samples of biscuits meet the requirements of regulatory documents for organoleptic indicators. Organoleptic characteristics were tested: shape, surface, color, taste and smell, appearance in the fault. The tasting assessment was carried out according to a 45-point scale developed by the authors. The total number of points in the tasting score, taking into accounts the weight factor, for Fleur Alpine biscuits was 39.96, which corresponds to a quality level of 0.88; and Holle biscuits – 44, with a quality level of 0.97. Both samples meet the requirements of regulatory documents for such physicochemical indicators as humidity, alkalinity and moisture content. The moisture content of the biscuits was determined in an accelerated manner in an oven. Wetness was determined by the ratio of the weight of the items after wetting to the weight of the dry items. Alkalinity was determined by titration of the product filtrate. The moisture content for Fleur Alpine biscuits was 9.3 % and for Holle biscuits it was 8.0 %.

The alkalinity was 1.6 and 1.4 degrees, respectively, and the wetness was also within the normal range with values of 120 and 110 %. The results indicate the quality of the studied samples in terms of organoleptic and physicochemical indicators.

**Keywords:** organic products, organic production, organic biscuits, organoleptic indicators, biscuit labeling, physical and chemical indicators.

## References

1. Tkachenko, A. (2020). Prospects of Ukraine on the European organic food products. *Modern approaches to knowledge management development*. Ljubljana School of Business, 162–164. Available at: <https://plus.si.cobiss.net/opac7/bib/18652419>
2. Council Regulation (EC) No 834/2007 of 28 June 2007 on organic production and labelling of organic products and repealing Regulation (EEC) (2007). No 2092/91, 12.
3. Kahl, J., Baars, T., Bügel, S., Busscher, N. (2012). Organic food quality: A framework for concept, definition and evaluation from the European perspective. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92 (14), 2760–2765. doi: <http://doi.org/10.1002/jsfa.5640>
4. Bubela, T. (2010). Bezpechnist ta yakist kharchovoi produktsii. *Vymiruvalna tekhnika ta metrolohiia*, 71, 130–144. Available at: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/6658/1/27.pdf>
5. Zehnder, G., Gurr, G. M., Kühne, S., Wade, M. R., Wratten, S. D., Wyss, E. (2007). Arthropod Pest Management in Organic Crops. *Annual Review of Entomology*, 52 (1), 57–80. doi: <http://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091337>
6. European Commission, Commission Implementing Regulation (EU) No. 354/2014 amending and correcting Regulation (EC) No. 889/2008 laying down detailed rules for the implementation of Council Regulation (EC) No. 834/2007 on organic production and labelling of organic products with regard to organic production, labelling and control (2014). Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0354&from=LT>
7. Kilnitska, O., Kravchuk, N., Kutsmus, N. (2018). Confectionery market in Ukraine: trends and development prospects. *Ekonomika APK*, (11), 29–43. doi: <http://doi.org/10.32317/2221-1055.201811029>
8. Sarkisian, L., Yichyk, Yu. (2016). Osoblyvosti pozshyrennya zovnisnoekonomichnykh zvyazkiv Ukrainy v konteksti hlobalizatsiyi. *Ekonomika i orhanizatsiya upravlinnya*, 4 (24), 245–253.
9. Guidelines for the production, processing, labelling and marketing of organically produced foods (2013). Codex Alimentarius Commission. Available at: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/guidelines/en/>
10. Mie, A., Kesse-Guyot, E., Kahl, J. (2016). *Human health implications of organic food and organic agriculture*. Available at: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581922/EPRS\\_STU\(2016\)581922\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581922/EPRS_STU(2016)581922_EN.pdf)
11. Fantke, P., Friedrich, R., Jolliet, O. (2012). Health impact and damage cost assessment of pesticides in Europe. *Environment International*, 49, 9–17. doi: <http://doi.org/10.1016/j.envint.2012.08.001>
12. Vasileva, E., Ivanova, D., Tipova, N., Stefanov, S. (2019). Quality of organic foods – a model for comparative analysis. *Organic Agriculture*, 9 (1), 1–12. doi: <http://doi.org/10.1007/s13165-018-0211-4>
13. Kesse-Guyot, E., Péneau, S., Méjean, C., Szabo de Edelenyi, F., Galan, P., Hercberg, S., Lairon, D. (2013). Profiles of Organic Food Consumers in a Large Sample of French Adults: Results from the Nutrinet-Santé Cohort Study. *PLoS ONE*, 8 (10), e76998. doi: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0076998>
14. Eisinger-Watzl, M., Wittig, F., Heuer, T., Hoffmann, I. (2015). Customers Purchasing Organic Food – Do They Live Healthier? Results of the German National Nutrition Survey II. *European Journal of Nutrition & Food Safety*, 5 (1), 59–71. doi: <http://doi.org/10.9734/ejnf/2015/12734>



15. Hughner, R. S., McDonagh, P., Prothero, A., Shultz, C. J., Stanton, J. (2007). Who are organic food consumers? A compilation and review of why people purchase organic food. *Journal of Consumer Behaviour*, 6 (2-3), 94–110. doi: <http://doi.org/10.1002/cb.210>
16. Van de Vijver, L. P., van Vliet, M. E. (2012). Health effects of an organic diet-consumer experiences in the Netherlands. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92 (14), 2923–2927. doi: <http://doi.org/10.1002/jsfa.5614>
17. Monier, S., Hassan, D., Nichèle, V., Simioni, M. (2009). Organic Food Consumption Patterns. *Journal of Agricultural & Food Industrial Organization*, 7 (2). doi: <http://doi.org/10.2202/1542-0485.1269>
18. Tkachenko, A., Syrokhman, I., Basova, Y., Kobischan, A., Artemenko, A., Kovalchuk, K. et. al. (2020). Managing safety of the developed cakes made from organic raw materials with improved fatty-acid composition. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (11 (103)), 66–74. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.195176>
19. Tkachenko, A., Syrokhman, I., Lozova, T., Ofilenko, N., Goryachova, E., Hmelnitska, Y., Shurduk, I. (2019). Development of formulations for sponge cakes made from organic raw materials using the principles of a food products safety management system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (11 (97)), 60–70. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.155775>
20. Tkachenko, A., Birta, G., Burgu, Y., Floka, L., Kalashnik, O. (2018). Substantiation of the development of formulations for organic cupcakes with an elevated protein content. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (11 (93)), 51–58. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133705>
21. *Codex Alimentarius Commission. Guidelines for the production, processing, labelling and marketing of organically produced foods* (2013). United States Department of Agriculture.
22. Reganold, J. P., Wachter, J. M. (2016). Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants*, 2 (2). doi: <http://doi.org/10.1038/nplants.2015.221>
23. *Pro informatsiiu dlia spozhyvachiv shchodo kharchovykh produktiv* (2018). Zakon Ukrainy No. 2639-VIII. 06.12.2018. Vidomosti Verkhovnoi Rady, 7, 41. Available at: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2639-19#Text>
24. *Pro osnovni pryntsyipy ta vymohy do orhanichnoho vyrobnytstva, obihu ta markuvannia orhanichnoi produktsii* (2019). Zakon Ukrainy No. 2740-VIII. 06.06.2019. Vidomosti Verkhovnoi Rady, 36, 275. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2496-19#Text>
25. *Organic Farming Information System* (2020). Available at: [https://ec.europa.eu/agriculture/ofis\\_public/pdf/EUCBLIST\\_official\\_2013.pdf?uid=45EDC919-BA15-14F1-84B7C5EF903233F3](https://ec.europa.eu/agriculture/ofis_public/pdf/EUCBLIST_official_2013.pdf?uid=45EDC919-BA15-14F1-84B7C5EF903233F3)
26. Tkachenko, A. (2015). *Formuvannia spozhyvachykh vlastyvostei pechyyva tsukrovoho pidvyshchenoi kharchovoi tsinnosti*. Lviv, 27.
27. *Pechyvo orhanichne*. Available at: <https://amador.com/pechivo-holle-speltove-organichne-z-8-misyatsiv-150-g-23232/>
28. Kopchukova, I. (2019). Identification of goods as an imperative component of commodity loss accounting. *Pryazovskiyi Economic Herald*, 5 (16), 345–350. doi: <http://doi.org/10.32840/2522-4263/2019-5-59>
29. *Rasshyfrova shtrykh koda*. Available at: <http://decode.org.ua/>



## CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225603

**ВПЛИВ ТЕМПУ ВИДОБУТКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ НА КОЕФІЦІЄНТ ГАЗОВИЛУЧЕННЯ ПРИ НАГНІТАННІ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ НА ПОЧАТКОВОМУ ГАЗОВОДОЯНОМУ КОНТАКТІ** сторінки 6–11**Матківський С. В.**

Об'єктом дослідження є газоконденсатні родовища, що розробляються в умовах прояву водонапірного режиму та негативного впливу пластової води на процес видобування природного газу. Результати проведених теоретичних та експериментальних досліджень доводять, що перспективним напрямом підвищення вуглеводневилучення з родовищ, які знаходяться на завершальній стадії розробки, є витіснення природного газу до видобувних свердловин шляхом нагнітання в продуктивні поклади неуглеводневих газів. Кінцевий коефіцієнт вилучення газу згідно з результатами лабораторних досліджень у випадку нагнітання неуглеводневих газів в продуктивні поклади залежить від типу витіснювального агенту та ступеня неоднорідності колектору. З метою вдосконалення існуючих технологій розробки родовищ за водонапірного режиму досліджено технологію нагнітання діоксиду вуглецю в поклад на межі початкового газоводяного контакту з використанням тривимірної моделі газоконденсатного покладу. Дослідження виконано для різних значень темпу видобутку природного газу. Дебіт видобувної свердловини для проведення розрахунків прийнято на рівні 30, 40, 50, 60, 70, 80 тис. м<sup>3</sup>/доб. На основі отриманих даних встановлено, що збільшення темпу видобутку природного газу позитивно впливає на процес розробки продуктивного покладу та призводить до збільшення коефіцієнтів газовилучення. За результатами статистичної обробки розрахункових даних визначено оптимальне значення темпу видобутку природного газу при нагнітання діоксиду вуглецю в продуктивний поклад на межі початкового газоводяного контакту, що становить 55,93 тис. м<sup>3</sup>/доб. Кінцевий коефіцієнт газовилучення для наведеного оптимального значення темпу видобутку природного газу становить 64,99 %. Результати проведених досліджень свідчать про технологічну ефективність нагнітання діоксиду вуглецю в продуктивні поклади на межі початкового газоводяного контакту з метою сповільнення просування пластової води в продуктивні поклади та збільшення кінцевого коефіцієнту газовилучення.

**Ключові слова:** 3D модель родовища, газоконденсатний поклад, водонапірний режим, заземлений газ, нагнітання діоксиду вуглецю.

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225212

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ВИЛУЧЕННЯ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТУ З ПЛАСТА В УМОВАХ РЕТРОГРАДНОЇ КОНДЕНСАЦІЇ** сторінки 12–15**Дорошенко В. М., Тітлов О. С., Кулер І. М.**

Об'єктом дослідження є газоконденсатні родовища на пізній стадії їх розробки в умовах зниження пластового тиску нижче за тиск виділення конденсату з газоподібного стану. Пластові втрати конденсату при розробці покладів на режимі виснаження можуть сягати до 78 %, що спричиняє необхідність застосування різноманітних методів дії на пластову систему для його вилучення. Найбільш прийнятним методом є застосування сайклінг-процесу шляхом зворотного нагнітання в пласт (рециркуляція) видобутого та відсепарованого газу. Суттєвим недоліком сайклінг-процесу є тривала консервація запасів газу внаслідок його зворотного нагнітання в пласт та значними капітальними та експлуатаційними витратами на закачування сухого газу. З технологічної точки зору використання сайклінг-процесу стримується низьким значенням коефіцієнту охолодження пласта витискуванням. Сухий газ, який нагнітається, має меншу в'язкість за газоконденсатну суміш, що вилучається з покладу, і в умовах неоднорідної будови колектору має місце швидкий його прорив від нагнітальних до видобувних свердловин і, як результат, зменшення повноти вилучення конденсату. Як альтернативу до сайклінг-процесу для вилучення ретроградного конденсату з пласта запропоновано його витискування водою.

В роботі запропоновано уніфіковану систему заводнення, власне витискування конденсату водою або газоводяною сумішшю. Це досягається керованою експлуатацією нагнітальних та видобувних свердловин. Спочатку із свердловин відбирають газ, а з появою води в продукції застосовують методи інтенсифікації її винесення на поверхню. При необхідності свердловини переводяться в режим форсованого відбору. Наведено результати лабораторних досліджень, які виконувалися на реальних зразках кернавого матеріалу Андріяшівського газоконденсатного родовища (Україна). Обґрунтовано напрямки реалізації газоводяної репресії на газоконденсатних родовищах з паралельним використанням заземленого пластового газу, наявного в покладі. Технологія дозволяє видобути до 50 % конденсату, що випав у пласті.

**Ключові слова:** газоконденсатні родовища, ретроградний конденсат, сайклінг-процес, уніфікована система заводнення, газоводяна репресія.

## MEASURING METHODS IN CHEMICAL INDUSTRY

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225023

**ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ПОТОКІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ АПАРАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕОРІЇ ВИПАДКОВИХ ФУНКЦІЙ** сторінки 16–20**Безносик Ю. О., Бугасва Л. М.**

Об'єктом дослідження є структура потоків в абсорбері хлористого водню. Одним з найбільш проблемних місць дослідження гідродинаміки потоків в хіміко-технологічних апаратах є як технологічні труднощі, так і технічні, коли апарат схильний до дії випадкових збурень та/або подача стандартного індикатора неможлива через порушення технологічного регламенту.

Запропоновано метод дослідження гідродинамічної структури потоків в поличному абсорбері хлористого водню типу «Коробон-КА» (Німеччина) в режимі нормальної експлуатації хімічного апарату за допомогою теорії випадкових функцій. Було проведено промисловий експеримент на діючому обладнанні по визначенню вхідних і вихідних концентрацій компонентів газового потоку. Абсорбер хлористого водню розглядається як одновимірний об'єкт, на вхід якого впливає випадкова функція – концентрація хлористого водню у вхідному потоці, а на виході спостерігається випадкова величина – концентрація хлористого водню у вихідному потоці. Методика визначення хлористого водню та хлору в газовому потоці заснована на поглинанні хлору розчином йодистого калію з наступним титруванням йоду, що виділяється, тіосульфатом натрію. Паралельно проводився відбір порцій кислоти на вході та на виході, а потім визначалася щільність і температура розчинів соляної кислоти.

Розроблено алгоритм обчислення оцінок імпульсної функції. Проведено згладжування отриманих експериментальних даних. В результаті обробки експериментальних даних отримані автокореляційна та взаємкореляційна функції, вирішено рівняння Вінера-Хопфа та отримана імпульсна функція ваги. Розрахувавши моменти отриманої імпульсної функції ваги, доведено, що структура потоків в абсорбері «Коробон-КА» може бути задовільно описана моделлю ідеального витіснення. Розрахунки велися в програмних середовищах MathCAD, Matlab.

Згідно з отриманими результатами, запропонована методика визначення гідродинамічної структури потоків знайде застосування при дослідженні хіміко-технологічних апаратів, коли об'єкт схильний до дії випадкових збурень і подача стандартного індикатора неможлива через порушення технологічного регламенту. Завдяки цьому забезпечується можливість знаходження параметрів гідродинаміки потоків в апараті в режимі його нормального функціонування.

**Ключові слова:** гідродинаміка потоків, динамічні характеристики, автокореляційна функція, взаємкореляційна функція, рівняння Вінера-Хопфа, функція розподілу.

## ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225328

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ У АПАРАТА ЦИКЛОННО-ВИХОРОВОЇ ДІЇ** сторінки 21–25

**Торський А. О., Волненко О. А., Плячук Л. Д., Гурець Л. Л., Жумадуллаев Д. К., Абжапбаров А. А.**

Об'єктом дослідження є ефективність пиловловлювання дрібнодисперсного пилу в апараті з інтенсивним турбулентним режимом взаємодії фаз. Одним з самих проблемних місць існуючого пилогазоочисного обладнання є низька ефективність уловлювання дрібнодисперсного пилу. Ефективне очищення газів, що відходять, від пилу передбачає використання багатоступінчастих систем очищення, які включають мокрі та сухі пилоочисні апарати, що вимагає великих капітальних і експлуатаційних витрат. Ці недоліки усунені в розробленій конструкції пиловловлювача циклонно-вихрової дії з двома зонами контакту. В апараті реалізуються одночасно сухий та мокрий механізми пиловловлювання, що дозволяє забезпечити високу ефективність очищення від пилу при великій продуктивності. Сухе пиловловлювання відбувається в циклонній зоні апарату, а мокре – в зоні з регулярною рухомою насадкою.

Проведені дослідження загальної та фракційної ефективності пиловловлювання при зміні режимних параметрів роботи розробленого апарату показали, що ефективність уловлювання дрібнодисперсного пилу складає 98–99%. Зростання ефективності пиловловлювання в сухому ступені апарату обумовлене збільшенням відцентрової сили. У мокрому ступені ефективність досягає максимальних значень за рахунок вихрового дроблення рідини в насадковій зоні апарату. Дослідження фракційної ефективності апарату показують, що зі збільшенням діаметру уловлюваних частинок ефективність процесу пиловловлювання сухої та мокрої стадії, а також загальна ефективність апарату зростає. Зі збільшенням щільності зрошування відбувається зростання загальної ефективності пиловловлювання в апараті. Встановлено, що підвищення ефективності уловлювання високодисперсних часток відбувається за рахунок турбулентної дифузії, величина якої визначається частотою турбулентних пульсацій та мірою захоплення частинок при пульсаційному русі насадкових тіл. Для опису отриманих результатів запропонований відцентрово-інерційна модель для сухого ступеня контакту та турбулентно-дифузійна модель осадження твердих частинок для мокрому ступеню контакту, які дозволяють розрахувати ефективність пиловловлювання на кожному ступені контакту, а також загальну ефективність циклонно-вихрового апарату.

Отримані результати показують перспективність використання апарату цієї конструкції на підприємствах теплоенергетики та інших галузей промисловості.

**Ключові слова:** пилогазові викиди, комплексна очистка, відцентрова сила, регулярна насадка, вихрова взаємодія, ефективність пиловловлювання.

## FOOD PRODUCTION TECHNOLOGY

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225530

**ОЦІНКА ОКИСНОЇ СТІЙКОСТІ МОЛОКОВІСНИХ ПРОДУКТІВ НА ОСНОВІ КУПАЖУ РОСЛИННИХ ОЛІЙ** сторінки 26–33

**Белемець Т. О., Радзієвська І. Г., Точкова О. В., Ющенко Н. М., Кузьмич У. Г., Михалевич А. П.**

Відомо, що однією з головних причин псування жирів (зокрема рослинних), а також продуктів, виготовлених з їх використанням, є підвищення кислотного та пероксидного чисел. Фізико-хімічні показники мають суттєвий вплив не лише на якість та органолептичні характеристики продукту, але й також на його безпечність. З цієї метою досліджено залежність показників кислотного та пероксидного чисел створеного купажу рослинних олій у технологіях молоковісних продуктів під час зберігання. Об'єктом дослідження є експериментальні зразки трьохкомпонентного купажу рослинних олій та молочного жиру, виділених з пасти молоковісної

сиркової та соусу молоковмісного сметанного. Предметом дослідження є динаміка зростання кислотного та пероксидного чисел зразків та зміни їх органолептичних показників якості.

Отримані дані кінетики окислення купажу рослинних олій свідчать, що підвищення показників кислотного та пероксидного чисел упродовж дослідженого терміну зберігання не відзначаються інтенсивністю. Середній поріг збільшення кислотного та пероксидного чисел є несуттєвим та становить 0,02–0,03 мгКОН/г та 0,2–0,21 ммоль $1/2O$ /кг за 5 діб. У відповідності до отриманих результатів кінетики окислення виділеного жиру пасти молоковмісної сиркової відзначається деяке підвищення показників кислотного та пероксидного чисел, а саме: наприкінці 7 діб – до 0,3 мгКОН/г та 1,9 ммоль $1/2O$ /кг, відповідно, та наприкінці 10 діб – до 0,32 мгКОН/г та 2,3 ммоль $1/2O$ /кг. На підставі отриманих результатів кінетики окислення виділеного жиру з соусу молоковмісного сметанного спостерігається тенденція до поступового наростання показників кислотного та пероксидного чисел зі збільшенням часу окислення. Відмічається досягнення максимальних значень кислотного – 0,3 мгКОН/г та пероксидного чисел – 2,2 ммоль $1/2O$ /кг наприкінці граничного терміну придатності – 21 доби. Згідно отриманих результатів здійснення органолептичної оцінки експериментальних зразків купажу та виділеного жиру з молоковмісних продуктів суттєвих змін на протязі дослідженого терміну зберігання не виявлено.

**Ключові слова:** паста молоковмісна сиркова, соус молоковмісний сметанний, купаж рослинних олій, кислотне число, пероксидне число.

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225528

### **ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПОТОКОВОГО ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЗЕРНА ЗА ДОПОМОГОЮ ДВОСТОРОНЬОГО ІНФРАЧЕРВОНОГО ОПРОМІНЮВАННЯ** сторінки 34–38

**Паламарчук В. І., Гирич С. В., Василюшина О. В., Пахомська О. В.**

Об'єктом дослідження є процес інфрачервоного сушіння зерна сільськогосподарських культур. В процесі переробки насіння зернових та олійних культур проходить досить велика кількість технологічних операцій, серед яких однією із найважливіших є сушіння. Підтримання потрібної вологості зерна є основним фактором впливу на його термін зберігання та якісні показники. Тому важливою проблемою є інтенсифікація процесу висушування насіння зернових та олійних культур при низьких енерговитратах.

Процес інфрачервоного сушіння зернових має суттєві переваги порівняно з найбільш розповсюдженим сушінням конвективним методом через те, що не використовується органічне паливо. Інфрачервоні промені характеризуються високою тепловою дією на продукцію, тому зростає попит на використання інфрачервоного випромінювання у сільськогосподарському, харчовому та переробному виробництвах для сушки зерна, сипких інгредієнтів, теплової дезінфекції та ін. Принцип роботи інфрачервоного методу полягає у тому, що волога, яка знаходиться всередині зернини, поглинає інфрачервоні промені, через це відбувається її нагрівання. Іншими словами, енергію безпосередньо підводять до вологи, через це і вдалося досягти не лише високої ефективності, а й високої економічності.

Для підвищення ефективності видалення вологи із зерна за допомогою інфрачервоного опромінювання треба збільшувати площу контакту зернин з інфрачервоними променями. Враховуючи проникність інфрачервоних променів та шар зерна на робочому органі транспортера можна використати декілька способів підвищення площі опромінення. Першим способом є застосування вібрації робочого органу для перемішування шарів зерна, що сприяє більш рівномірній обробці продукції. Другим способом, що описується в даній роботі, є використання більшого числа випромінювачів, які розташовані не тільки над лотком транспортера, а також і під ним. При цьому лоток повинен бути виконаний із проникного для інфрачервоних променів матеріалу.

**Ключові слова:** інфрачервоне сушіння зерна, вібраційне транспортування, лотковий транспортер, вібраційне перемішування, псевдозріджений шар.

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225531

### **КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПЕЧИВА ОРГАНІЧНОГО** сторінки 39–44

**Ткаченко А. С., Сирохман І. В., Губа Л. М., Басова Ю. О., Ковальчук Х. І.**

Об'єктом роботи є печиво спельтове дитяче органічне Hole (Німеччина) та печиво дитяче бельгійське зі шматочками шоколаду Fleur Alpine (Бельгія). Через недобросовісну рекламу та порушення маркування споживачі часто купують під маркою органічної традиційну харчову продукцію. У зв'язку із тим, що органічна продукція часто стає об'єктом фальсифікації, експертиза якості набуває особливо важливого значення. Також завдяки оцінці відповідності маркування, наведеній в роботі можна встановити, чи є справді продукт органічним. Маркування печива було проаналізовано на відповідність Закону України «Про органічне виробництво» та Закону України «Про інформацію для споживачів харчових продуктів». Дослідження показало, що маркування відповідає вимогам законодавства у обох зразків. Також встановлено, що обидва зразки печива відповідають вимогам нормативних документів за органолептичними показниками. З органолептичних показників перевірялися: форма, поверхня, колір, смак і запах, вигляд у розломі. Дегустаційна оцінка здійснювалася за розробленою авторами 45-бальною шкалою. Загальна кількість балів дегустаційної оцінки з урахуванням коефіцієнта вагомості для печива Fleur Alpine склала 39,96, що відповідає рівню якості 0,88; а печива Holle – 44, із рівнем якості 0,97. Обидва зразки відповідають вимогам нормативних документів за такими фізико-хімічними показниками, як вологість, лужність та намочуваність. Вологість печива визначали прискореним способом у сушильній шафі. Намочуваність визначали відношенням маси виробів після намочання до маси сухих виробів. Лужність була визначена титруванням фільтрату продукту. Вологість печива Fleur Alpine склала 9,3 %, а для печива Holle – 8,0 %. Лужність склала 1,6 та 1,4 градусів, відповідно, а намочуваність також була у межах норми із значеннями 120 та 110 %. Отримані результати свідчать про якість досліджуваних зразків за органолептичними та фізико-хімічними показниками.

**Ключові слова:** органічна продукція, органічне виробництво, печиво органічне, органолептичні показники, маркування печива, фізико-хімічні показники.