

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ | FOOD TECHNOLOGY PRODUCTS

Н. В. Лимаренко [N. V. Limarenko]
Л. А. Пудеян [L. A. Pudayan]

УДК 67.08

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ОПЕРАЦИИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF OPERATIONS OF DISINFECTION OF WASTE WATER OF FOOD PRODUCTION

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Донской государственный технический университет, Россия, г. Ростов-на-Дону, e-mail: limarenkodstu@yandex.ru /
Federal state budgetary educational institution of higher education Don state technical University,
Rostov-on-don, Russia, e-mail: limarenkodstu@yandex.ru

Аннотация. Обеспечение продовольственной безопасности страны напрямую зависит от эффективности технологий пищевых производств и утилизации их отходов. К сожалению, безопасное использование отходов большинства пищевых производств невозможно без их обеззараживания.

Материалы и методы. В данной работе оптимизированы параметры операции обеззараживания сточных вод пищевых производств, при комплексном физико-химическом воздействии в активаторе, вращающимся электромагнитным полем с перемещающимися внутри него ферромагнитными частицами и активного хлора.

Результаты и обсуждения. Результатом оптимизации является снижение удельной энергоёмкости процесса при соблюдении требований к эпидемиологической безопасности. Параметры оптимизированной системы имеют следующие значения: заполненность ферромагнитными стержнями рабочей зоны активатора $\rho_{zn} = 5,18 \%$; магнитная индукция $B = 40$ мТл; отношение длины ферромагнитных стержней к их диаметру $l/d = 25$; концентрация активного хлора $\omega = 15,60$ мг/л; продолжительность воздействия $t = 2,81$ с; при этом удельные затраты электроэнергии составляют $N_{yz} = 3,09$ Вт·с/мл, а показатели эпидемиологической безопасности не превышают допустимых нормативными документами. Результаты оптимизации параметров системы, выполнены в среде программного комплекса Matlab Simulink.

Заключение. В ходе проведённого исследования были получены следующие параметры операции обеззараживания сточных вод пищевых производств в активаторе: $\rho_{zn} = 5,18 \%$; $l/d = 25$; $B = 40$ мТл; $\omega = 15,60$ мг/л; $t = 2,81$ с; критерий оптимальности (удельная энергоёмкость процесса обеззараживания) равен $N_{yz} = 3,09$ Вт·с/мл; предельно допустимое число КОЕ ОКБ 100 шт; расчётное значение числа составило КОЕ ОКБ 98 шт.

Ключевые слова: пищевые производства, утилизация, сточные воды, оптимизация параметров операции обеззараживания.

Abstract. Ensuring food security of the country directly depends on the effectiveness of food production technologies and the disposal of their waste. Unfortunately, the safe use of waste from most food industries is not possible without disinfection.

Materials and methods. In this work, the parameters of the operation of disinfecting wastewater from food production are optimized, with a complex physico-chemical effect in the activator, a rotating electromagnetic field with ferromagnetic particles moving inside it and active chlorine.

Results and discussions. The result of optimization is a reduction in the specific energy consumption of the process, while observing the requirements for epidemiological safety. The parameters of the optimized system have the following meanings: occupancy of the activator's working area with ferromagnetic rods $\rho_{zn} = 5,18 \%$; magnetic induction $B = 40$ mT; the ratio of the length of the ferromagnetic rods to their diameter $l/d = 25$; concentration of active chlorine $\omega = 15,60$ mg / l; exposure time $t = 2.81$ s; in this case, the specific energy costs are $N_{yz} = 3,09$ W · s / ml, and the indicators of epidemiological safety do not exceed the permissible normative documents. The results of optimizing the system parameters were performed in the environment of the Matlab Simulink software package.

Conclusion. In the course of the study, the following parameters of the wastewater disinfection of food production in the activator were obtained: $\rho_{zn} = 5,18 \%$; $l/d = 25$; $B = 40$ mT; $\omega = 15,60$ mg / l; $t = 2.81$ s; the optimality criterion (specific energy intensity of the disinfection process) is $N_{yz} = 3,09 = 3.09$ W · s / ml; the maximum permissible number of CFU CCB is 100 pcs; the calculated value of the number was CFU CCB 98 pcs.

Key words: food production, recycling, wastewater, optimization of parameters of disinfection operation.

Introduction. Food safety is the main factor in socio-economic stability, the provision of which directly depends on the efficiency of technological processes in food production. In the Southern Federal District of the Russian Federation, livestock makes a significant contribution to the development and maintenance of this economic cluster. About 65 ... 70% of heads are concentrated in small farms numbering up to 1,500 heads. An important problem with this approach to animal husbandry is the issue of environmentally sound waste management and the development of maximum resource conservation.

According to the set of regulatory documents GOST 26074-84, GOST R 51769-2001 and MU 2.1.5.800-99, waste from livestock farms are solid and liquid fractions, the disposal of which must be carried out separately after separation. One of the main disposal operations of which is their disinfection. In the framework of this study, the issue of

optimizing the operation of disinfection of wastewater (hereinafter effluents) was considered. Unfortunately, the methods used today for disinfecting livestock stocks do not allow taking into account all the specifics of this material, which significantly reduces the effectiveness of the development of technological approaches to their disposal. Due to the high content of nutrients, the most rational option for disposal is the use of effluents for irrigation of agricultural fields. The advantages of this approach are: rational use of natural resources, an increase in the content of humus in the soil and, as a consequence, increased fertility. Accordingly, the task of optimizing the technological process for the disinfection of wastewater from livestock enterprises is urgent.

The aim of this study. The aim of this study is to optimize the parameters of the wastewater disinfection operation implemented by the activator.

As an analysis of information sources and the results of preliminary studies [1–9] showed, the most preferred solution to this problem is the physicochemical effect of a rotating electromagnetic field with ferromagnetic particles moving inside it and active chlorine, which is realized in the disinfection activator.

The advantages of this exposure are:

- the presence of a prolonged bactericidal effect;
- the absence of dependence of the effect of disinfection on turbidity, rigidity and pH of the medium;
- minimization of negative by-products.

The most promising device for implementing the selected impact is an activator, consisting of a housing 1, a pipe of the working zone 2, an inductor 3, ferromagnetic rods 4. A schematic diagram of the activator is shown in Figure 1.

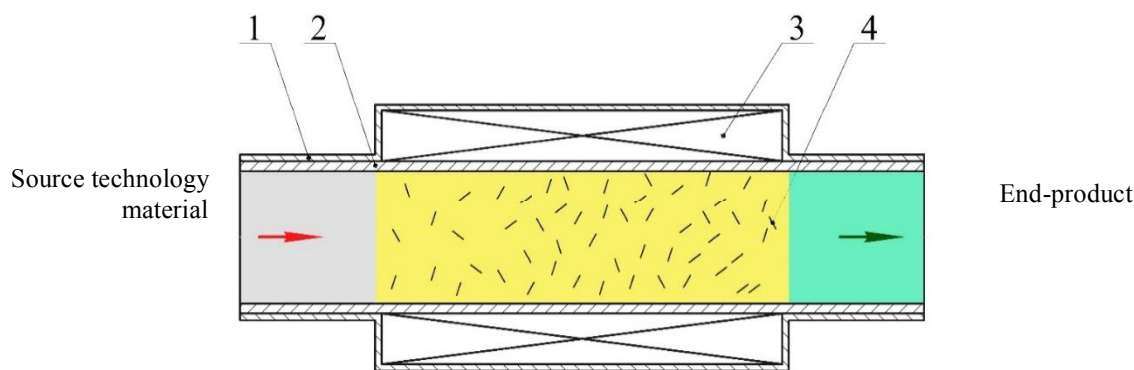


Fig. 1. Schematic diagram of the activator for disinfection of wastewater from livestock enterprises

Materials and methods. Based on the factor analysis and the results of preliminary studies carried out in [10–13], the 5 most significant factors were selected that could influence the effluent disinfection operation in the activator. The names and areas of variation of the selected factors are presented in [10, 11] and in Figure 2.

Based on the experimental studies [10–13], mathematical models were obtained that allow us to describe the relationship of the selected factors with parameters characterizing the quality of the disinfection process in the activator.

The epidemiological status of the runoff, according to GOST R 51769-2001 and MU 2.1.5.800-99, was characterized by the number of colony forming units of common coliform bacteria (CFU CCB), representing the most typical bioindicator [12]:

$$y_{КОЕ/ОКБ} = 71,72 - 9,13x_1 + 1,32x_2 - 20,15x_3 - 31,74x_4 - 14,02x_5 + 5,81x_2^2 + 4,31x_3^2 + 7,98x_4^2 + 3,14x_5^2 - 18,92x_3x_4. \quad (1)$$

The energy component of the technological process for disinfecting wastewater from livestock enterprises was characterized by specific energy intensity and is described by the equation [13]:

$$y_{\text{в}} = 5,59 - 2,14x_1 - 0,44x_2 + 2,24x_3 + 1,14x_5 + 1,52x_1^2 - 1,48x_2^2 \quad (2)$$

As an optimality criterion, the costs of specific electric energy for the disinfection operation were selected. And the maximum allowable value of the number of CFU CCB according to MU 2.1.5.800-99 equal to 100 units became a limitation on the epidemiological safety of the operation.

The selected optimality criterion corresponds to the objective function (2) in the form of a quadratic regression equation in canonical form, which is the dependence of the optimality criterion on factors influencing it. Figure 2 shows a block diagram of an optimization problem.



Fig. 2. The block diagram of the optimization problem

The most promising methods were selected: exhaustive search and steep ascent (or descent, depending on the task of achieving maximum or minimum).

As technological material wastewater of the farm premises was used. Evaluation of the bacteriological properties of the starting material was carried out in laboratory conditions, by fermentation, by seeding it on Endo nutrient medium.

Results and discussions. The results of optimizing the parameters of the system executed in the environment of the Matlab Simulink software package are presented in Table 1.

Table 1

Parameters of the optimized system

№ п/п	Optimized System Settings	Optimization method	
		steep climb	full sorting
1	Optimality criterion: Specific energy consumption $N_{\text{вз}}$, $W \cdot s / ml$	3,10111	3,09751
2	Limitation: The number of colony forming units of bacteria CFU CCB (not more than 100), pcs	98,13057	98,13417
3	Parameters:		
	The occupancy of the working zone of the activator with ferromagnetic rods $\rho_{\text{зн}}$ in%	5,18097	5,18457
4	The ratio of the length of the ferromagnetic rods to their diameter l / d	25,08413	25,08753
5	Magnetic induction B in mT	40,04792	40,05152
6	The concentration of active chlorine ω in mg / l	15,64570	15,64960
7	Duration of exposure t in s	2,81349	2,81709

Based on the foregoing, the following conclusions were made:

– the discrepancy between the results, with the considered calculation methods, does not exceed 0.36%, which is insignificant;

– the time spent on the calculation by the steep ascent method was 3 s., And by the exhaustive search method of 15 s., Which is equally acceptable.

– the method of exhaustive search allows you to get the most reliable result, by minimizing the possibility of taking the local extremum of the function as global, however, it is necessary to carry out an additional check of the function for monotony.

It was established that when choosing a method for solving most technical optimization problems of a similar class, it is necessary to be guided by the reliability of the result and the simplicity of the method, and not by the time spent on the calculations.

Conclusion. In the course of the study, the following parameters of the wastewater disinfection of food production in the activator were obtained: $\rho_{\text{зн}} = 5.18\%$; $l / d = 25$; $B = 40 \text{ mT}$; $\omega = 15.60 \text{ mg / l}$; $t = 2.81 \text{ s}$; the optimality criterion (specific energy intensity of the disinfection process) is $N_{\text{вз}} = 3.09 \text{ W} \cdot \text{s} / \text{ml}$; the maximum permissible number of CFU CCB is 100 pcs; the estimated value of the number of CFU CCB - 98 pcs.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буклагин Д.С. Анализ технологических разработок в сфере сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности России / Д.С. Буклагин // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 10-3 (64). С. 6-12.

2. Бышов Н.В. Агроэкологическая эффективность использования осадка сточных вод и вермикомпостов в агроценозе овса посевного / Н.В. Бышов, Т.В. Хабарова, Д.В. Виноградов, Б.И. Кочуров // Юг России: экология, развитие. 2018. Т. 13. № 2. С. 132-143.
3. Dotson A.D. UV disinfection implementation status in US water treatment plants / A.D. Dotson, C.E. Rodriguez, K.G. Linden // Journal – American Water Works Association. 2012. Vol. 104 (5). PP. E318-E324.
4. Shalavina, E. Method for selection of pig manure processing technologies / E. Shalavina, A. Briukhanov, R. Uvarov, E. Vasilev // Agronomy Research. 2017. Т. 15. № 3. С. 866-876.
5. Guan C. Water treatment performance of O3/UV reaction system in recirculating aquaculture systems / C. Guan, J. Yang, J. Shan // Nongye Gongcheng Xuebao. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2014. Vol. 30 (23). PP. 253-259.
6. Губейдуллин Х.Х. Технологии и технические средства для очистки сточных вод / Х.Х. Губейдуллин, И.И. Шигапов, А.И. Панин, А.В. Поросятников, С.С. Лукоянчев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2015. № 2 (356). С. 121-126.
7. Брюханов А.Ю. Стратегия управления отходами предприятий птицеводства на основе внедрения наилучших доступных технологий переработки помета / А.Ю. Брюханов, А.В. Гаас // Экология и промышленность России. 2016. Т. 20. № 2. С. 60-63.
8. Брюханов А.Ю. Проблемы обеспечения экологической безопасности животноводства и наилучшие доступные методы их решения / А.Ю. Брюханов, Э.В. Васильев, Е.В. Шалавина // Региональная экология. 2017. № 1 (47). С. 37-43.
9. Тарасов С.И. Использование бесподстилочного навоза. приоритетные направления исследований // Сообщение 2. Производство бесподстилочного навоза. актуальные направления исследований / С.И. Тарасов, Г.Е. Мёрзлая // Плодородие. 2018. № 6 (105). С. 53-56.
10. Лимаренко Н.В. Определение закона распределения плотности вероятностей удельной электрической энергоёмкости при обеззараживании стоков агропромышленного комплекса / Н.В. Лимаренко // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2017. № 2. С. 118-121.
11. Лимаренко Н.В. Определение закона распределения плотности вероятностей числа колониеобразующих единиц в технологическом процессе обеззараживания стоков животноводческих ферм / Н.В. Лимаренко, В.П. Жаров // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. 2017. Т.16, № 2. С. 136-140.
12. Лимаренко Н.В. Создание математической модели технологического процесса обеззараживания стоков животноводства / Н.В. Лимаренко // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2017. № 3. С. 108-112.
13. Месхи Б.Ч. Создание математической модели для оценки энергоёмкости процесса обеззараживания стоков животноводства / Б.Ч. Месхи, Н.В. Лимаренко, В.П. Жаров, Б.Г. Шаповал // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. 2017. Т.18, № 4. С. 129-135.

REFERENCES

1. Buklagin D.S. Analiz tekhnologicheskikh razrabotok v sfere sel'skogo khozyaystva i pererabatyvayushchey promyshlennosti Rossii / D.S. Buklagin // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. 2017. № 10-3 (64). S. 6-12.
2. Byshov N.V. Agroekologicheskaya ehffektivnost' ispol'zovaniya osadka stochnykh vod i vermikompostov v agrotsenoze ovsa posevnogo / N.V. Byshov, T.V. Khabarova, D.V. Vinogradov, B.I. Kochurov // Yug Rossii: ehkologiya, razvitie. 2018. Т. 13. № 2. S. 132-143.
3. Dotson A.D. UV disinfection implementation status in US water treatment plants / A.D. Dotson, C.E. Rodriguez, K.G. Linden // Journal – American Water Works Association. 2012. Vol. 104 (5). PP. E318-E324.
4. Shalavina, E. Method for selection of pig manure processing technologies / E. Shalavina, A. Briukhanov, R. Uvarov, E. Vasilev // Agronomy Research. 2017. Т. 15. № 3. S. 866-876.
5. Guan C. Water treatment performance of O3/UV reaction system in recirculating aquaculture systems / C. Guan, J. Yang, J. Shan // Nongye Gongcheng Xuebao. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2014. Vol. 30 (23). PP. 253-259.
6. Gubeydullin Kh.Kh. Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya ochistki stochnykh vod / KH.KH. Gubeydullin, I.I. Shigapov, A.I. Panin, A.V. Porosyatnikov, S.S. Lukoyanchev // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. 2015. № 2 (356). S. 121-126.
7. Bryukhanov A.Yu. Strategiya upravleniya otkhodami predpriyatiy ptitsevodstva na osnove vnedreniya nailuchshikh dostupnykh tekhnologiy pererabotki pometa / A.Yu. Bryukhanov, A.V. Gaas // Ehkologiya i promyshlennost' Rossii. 2016. Т. 20. № 2. S. 60-63.
8. Bryukhanov A.Yu. Problemy obespecheniya ehkologicheskoy bezopasnosti zhivotnovodstva i nailuchshie dostupnye metody ikh resheniya / A.Yu. Bryukhanov, E.V. Vasil'ev, E.V. Shalavina // Regional'naya ehkologiya. 2017. № 1 (47). S. 37-43.
9. Tarasov S.I. Ispol'zovanie bespodstilochnogo navoza. prioritetnye napravleniya issledovaniy soobshchenie 2. Proizvodstvo bespodstilochnogo navoza. aktual'nye napravleniya issledovaniy / S.I. Tarasov, G.E. Myorzlaya // Plodorodie. 2018. № 6 (105). S. 53-56.
10. Limarenko N.V. Opredelenie zakona raspredeleniya plotnosti veroyatnostey udel'noy ehlektricheskoy ehnergoyomkosti pri obezzarazhivaniy stokov agropromyshlennogo kompleksa / N.V. Limarenko // Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya. 2017. № 2. S. 118-121.
11. Limarenko N.V. Opredelenie zakona raspredeleniya plotnosti veroyatnostey chisla kolonieobrazuyushchikh edinitv tekhnologicheskogo protsessе obezzarazhivaniya stokov zhivotnovodcheskikh ferm / N.V. Limarenko, V.P. Zharov // Vestnik Don. gos. tekhn. un-ta. 2017. Т.16, № 2. S. 136-140.
12. Limarenko N.V. Sozdanie matematicheskoy modeli tekhnologicheskogo protsessа obezzarazhivaniya stokov zhivotnovodstva / N.V. Limarenko // Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya. 2017. № 3. S. 108-112.
13. Meskhi B.Ch. Sozdanie matematicheskoy modeli dlya otsenki ehnergoyomkosti protsessа obezzarazhivaniya stokov zhivotnovodstva / B.Ch. Meskhi, N.V. Limarenko, V.P. Zharov, B.G. Shapoval // Vestnik Don. gos. tekhn. un-ta. 2017. Т.18, № 4. S. 129-135.

ОБ АВТОРАХ | ABOUT AUTHORS

Лимаренко Николай Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехника и электроника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Донской государственной технической университет, пл. Гагарина, 1, г. Ростов-на-Дону, 344000, Россия, e-mail: limarenkodstu@yandex.ru

Limarenko Nikolay Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of electrical Engineering and electronics of the Federal state budgetary educational institution of higher education Don state technical University, 1 Gagarin square, Rostov-on-don, 344000, Russia, e-mail: limarenkodstu@yandex.ru

Пудеян Людмила Арсвиковна, старший преподаватель «Научно-технический перевод и профессиональная коммуникация» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Донской государственной технической университет, пл. Гагарина, 1, г. Ростов-на-Дону, 344000, Россия, e-mail: limarenkodstu@yandex.ru

Pudeyan Lyudmila Artsvikovna, Senior Lecturer, Scientific and technical translation and professional communication, Federal state budgetary educational institution of higher education, Don state technical University, 1 Gagarin square, Rostov-on-don, 344000, Russia, e-mail: limarenkodstu@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 25.11.2019

После рецензирования: 23.02.2020

Дата принятия к публикации: 03.03.2020