

ОБОСНОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ПРОСТОЯ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ  
ТЕХНИЧЕСКОГО ОТКАЗА ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВS.D. Shepelyov, Yu.B. Cherkasov,  
V.D. ShepelyovTHE JUSTIFICATION OF IDLE TIME FOR ELIMINATION OF CONSEQUENCES  
OF COMBINE HARVESTERS TECHNICAL FAILURE

**Шепелёв С.Д.** – д-р техн. наук, доц. каф. эксплуатации машинно-тракторного парка, декан Инженерно-технологического факультета Южно-Уральского государственного аграрного университета, г. Челябинск. E-mail: shepelev2@yandex.ru

**Черкасов Ю.Б.** – асп. каф. эксплуатации машинно-тракторного парка Южно-Уральского государственного аграрного университета, г. Челябинск. E-mail: yurii\_cherkasov@mail.ru

**Шепелёв В.Д.** – канд. техн. наук, доц. каф. автомобильного транспорта Южно-Уральского государственного аграрного университета, г. Челябинск. E-mail: shepelevvd@susu.ru

**Shepelyov S.D.** – Dr. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Operation of Machine and Tractor Park, Dean, Engineering and Technological Faculty, Southern Ural State Agricultural University, Chelyabinsk. E-mail: shepelev2@yandex.ru

**Cherkasov Yu.B.** – Post-Graduate Student, Chair of Operation of Machine and Tractor Park, Southern Ural State Agricultural University, Chelyabinsk. E-mail: yurii\_cherkasov@mail.ru

**Shepelyov V.D.** – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Motor Transport, Southern Ural State Agricultural University, Chelyabinsk. E-mail: shepelevvd@susu.ru

*Развитие рынка поддержанной техники обуславливает целесообразность ее использования в фермерских хозяйствах с небольшой сезонной нагрузкой уборочных машин, так как при высокой технической готовности зерноуборочных комбайнов и низкой сезонной нагрузке увеличиваются затраты на их привлечение. Однако с увеличением площади уборки урожая при низкой надежности машин и большими затратами времени на устранение последствий технических отказов предприятия несут убытки от потерь продукции из-за нарушения агротехнических сроков. В современных условиях требуется обоснование рационального времени простоя зерноуборочных машин для устранения последствий технических отказов с учетом их сезонной нагрузки и основных производственных и природных факторов. Экономико-математическим моделированием определены рациональные показатели коэффициента простоя при различной сезонной нагрузке на зерноуборочный комбайн 3-го класса. Установлено, что с уменьшением сезонной нагрузки зерноуборочного комбайна*

*3-го класса с 300 до 200 га коэффициент простоя увеличивается с 0,2 до 0,8. При рациональном показателе коэффициента простоя, равном 0,4, рациональная наработка на отказ составляет девять часов и среднее время доставки запасных частей два часа. Снизить требования к надежности позволяет увеличение агротехнических сроков уборки за счет использования различных по скороспелости культур, сортов. Наибольшая трудоемкость устранения последствий технического отказа – у молотильно-сепарирующего устройства, а максимальные денежные затраты приходятся на ремонт моторно-силовой установки комбайна. Производственное внедрение результатов исследований по согласованию рационального соотношения времени простоя на устранение последствий технических отказов и сезонной нагрузки зерноуборочного комбайна 3-го класса позволило получить годовой экономический эффект до 740 руб/га.*

**Ключевые слова:** техническая готовность, зерноуборочный комбайн, потери продукции, наработка на отказ, время простоя.

The development of the market of second-hand equipment causes the expediency of its use in farms with small seasonal loading of harvesters as at high technical readiness of combine harvesters and low seasonal loading costs of their attraction increase. However, with the increase in the area of harvesting at low reliability of cars and big expenses of time for the elimination of consequences of technical refusals of the enterprise incur losses from lesions in production because of violation of agrotechnical terms. In modern conditions justification of a rational idle time of grain-harvesting cars for the elimination of consequences of technical refusals taking into account their seasonal loading and the major production and natural factors is required. Economic-mathematical modeling defined rational indicators of coefficient of idle time at various seasonal load of a combine harvester of the 3-rd class. It was established that with the reduction of seasonal loading of a combine harvester of the 3-rd class with 300 the coefficient of idle time increases to 200 hectares with 0.2 to 0.8. At the rational indicator of coefficient of idle time equal 0.4, the rational time between failures makes nine hours and the time of delivery of spare parts is two hours. The increase in agrotechnical terms of cleaning due to the use of cultures, grades, various on precocity, allows lowering requirements to reliability. The greatest complexity of elimination of the consequences of technical failure have threshing and separating device, and the maximum monetary costs are necessary for the repair of motor-propulsion of the harvester. Industrial implementation of research results in coordination of efficient ratio of idle time to eliminate the consequences of technological failures and seasonal loading of combine harvester of the 3-rd class allowed us obtaining annual economic benefits of up to 740 rub. / hectare.

**Keywords:** technical readiness, combine harvester, production losses, work to failure, idle time.

**Введение.** Эффективное использование высокопроизводительных зерноуборочных машин в сельскохозяйственном производстве требует рационального соотношения затрат на их привлечение и объема получаемой продукции. Увеличение срока эксплуатации зерноуборочных комбайнов снижает их техническую готовность и увеличивает время простоя для устра-

нения последствий технических отказов. Эксплуатация технологических машин с малым остаточным ресурсом может быть экономически целесообразна при небольшой площади уборки зерновых и зернобобовых культур. Развитие рынка поддержанной техники обуславливает целесообразность её использования в фермерских хозяйствах с небольшой сезонной нагрузкой уборочных машин, так как при высокой технической готовности зерноуборочных комбайнов и низкой сезонной нагрузке увеличиваются затраты на их привлечение. Однако с увеличением площади уборки урожая при низкой надёжности машин и большими затратами времени на устранение последствий технических отказов предприятия несут убытки от потерь продукции из-за нарушения агротехнических сроков. В современных условиях требуется обоснование рационального времени простоя зерноуборочных машин для устранения последствий технических отказов с учетом их сезонной нагрузки и основных производственных и природных факторов.

**Цель исследования:** обоснование времени простоя для устранения последствий технического отказа зерноуборочных комбайнов с учетом их сезонной нагрузки.

**Задачи исследования:**

1. Установить взаимосвязь показателей технической готовности зерноуборочных комбайнов с их сезонной нагрузкой.

2. Выявить резервы повышения безотказности и снижения времени простоя машин для устранения последствий технического отказа.

**Методы и результаты исследования.** Обоснование времени простоя для устранения последствий технического отказа зерноуборочных машин возможно на основе экономико-математического моделирования с учетом основных природных, производственных факторов и сбора статистических данных. Для определения безотказности зерноуборочных комбайнов используется коэффициент готовности ( $K_r$ ), который можно представить в виде [1]

$$K_r = \frac{1}{1 + \frac{T_{\text{р.п.}}}{t_0}} \quad (1)$$

или

$$K_{\Gamma} = \frac{1}{1 + \frac{T_{y.o} + T_{\Gamma}}{t_o}},$$

$$K_{\Gamma} = \frac{1}{1 + K_{np}}. \quad (3)$$

где  $K_{\Gamma}$  – коэффициент готовности;  $t_o$  – наработка на отказ, ч;  $T_{\Gamma}$  – время восстановления работоспособности ЗУК, ч;  $T_{y.o}$  – время устранения последствий отказов, ч;  $T_{\Gamma}$  – время ожидания доставки запчастей, ч.

Оценить взаимосвязь времени на устранение последствий отказа, доставки запасных частей и наработки на отказ позволяет коэффициент простоя машин:

$$K_{np} = \frac{T'_{y.o} + T_{\Gamma}}{t_o} = \frac{T''_{y.o} m_o + T_{\Gamma}}{t_o}, \quad (2)$$

где  $T'_{y.o}$  – это суммарная трудоемкость устранения последствий отказа.

В общем виде выражение (1) по определению коэффициента готовности зерноуборочных машин примет следующий вид:

Анализируя выражение (3), можно сделать вывод, что коэффициент готовности тесно взаимосвязан с коэффициентом простоя машин. Так, с увеличением коэффициента простоя для устранения последствий устранения технических отказов с 0,2 до 0,9 коэффициент готовности снижается с 0,85 до 0,5 (рис. 1).

Для согласования сезонной нагрузки с коэффициентом простоя зерноуборочного комбайна разработана экономико-математическая модель на основе минимума затрат [2]:

$$U_{c.z} = Z + \Pi + Z_{зап}^{cp} + Z_{\Gamma} \rightarrow \min, \quad (3)$$

где  $Z$  – затраты на привлечение зерноуборочных комбайнов в зависимости от технической готовности, руб/га;  $\Pi$  – ущерб от потерь продукции, руб/га;  $Z_{зап}^{cp}$ ,  $Z_{\Gamma}$  – затраты на техническое обслуживание, ремонт, хранение и топливо в зависимости от коэффициента готовности, руб/га.

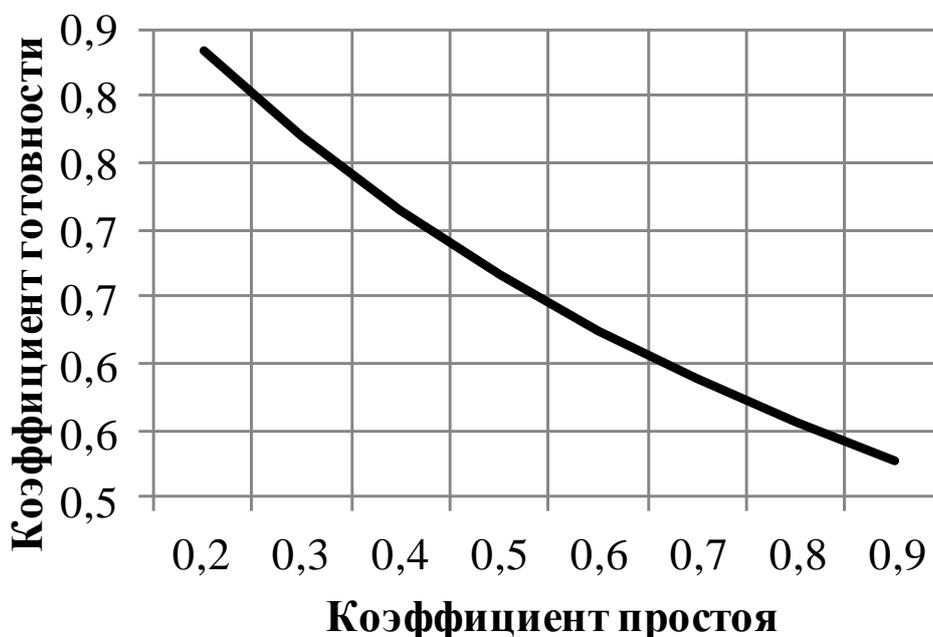


Рис. 1. Зависимость коэффициента готовности от коэффициента простоя

В развернутом виде функцию цели можно представить в виде выражения

$$U_c = \frac{B_k(K_{\Gamma}(K_{np}))\alpha\gamma_i}{Q} + \frac{0,5K_p K_c Y C Q}{Q_{cm} K_{cm} K_{\Gamma}(K_{np})} + Z_{зап}^{cp}(K_{\Gamma}(K_{np})) + R_{\Gamma}(K_{\Gamma}(K_{np}))C_{\Gamma} \rightarrow \min, \quad (4)$$

где  $B_k$  – рыночная цена ЗУК в зависимости от уровня **технической готовности**, руб.;  $\alpha$  – коэффициент амортизационных отчислений;  $\gamma_i$  – доля занятости комбайна;  $K_p$  – коэффициент потерь урожая, доля/день;  $K_c$  – коэффициент снижения потерь от сочетания сортов, культур по скороспелости;  $Q_{cm}$  – сменная производительность ЗУК, га;  $K_{cm}$  – коэффициент сменности;  $Q$  – площадь уборки одного комбайна, га;  $C$  – стоимость получаемой продукции, руб/ц;  $Z_{зап}^{cp}(K_{\Gamma})$  – затраты на техническое обслуживание, ремонт и хранение в зависимости

от коэффициента готовности, руб/га;  $R_{\Gamma}(K_{\Gamma})$  – расход топлива в зависимости от коэффициента готовности, кг/га;  $C_{\Gamma}$  – стоимость топлива, руб/кг;  $Y$  – урожайность, т/га.

Уравнения, описывающие затраты на использование зерноуборочных комбайнов, техническое обслуживание, ремонт, хранение и расход топлива в зависимости от их технической готовности представлены в работах [2, 3]. Моделированием определены рациональные показатели коэффициента простоя при различной сезонной нагрузке на зерноуборочный комбайн 3-го класса. Установлено, что при уменьшении сезонной нагрузки зерноуборочного комбайна коэффициент простоя увеличивается. Так, с уменьшением сезонной нагрузки зерноуборочного комбайна 3-го класса с 300 до 200 гектаров коэффициент простоя увеличивается с 0,2 до 0,8 (рис. 2).

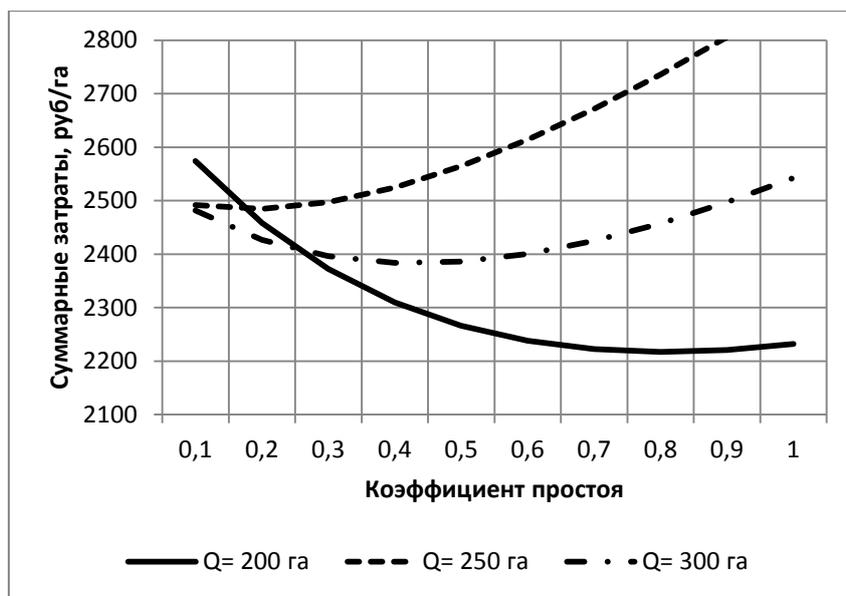


Рис. 2. Зависимость суммарных затрат от коэффициента простоя для устранения последствий технических отказов ( $Q_{cm} = 12$  га/день;  $C = 7000$  руб/т;  $Y = 1,5$  т/га)

Выявлено, что на коэффициент простоя технологических машин значительное влияние оказывает время доставки запасных частей (а) и количество отказов (б) (рис. 3). Установлены рациональные показатели времени доставки запасных частей и наработки на отказ при заданном коэффициенте простоя машин. При рациональном показателе коэффициента простоя, равном 0,4, необходимо иметь наработку на отказ девять часов и среднее время доставки

запасных частей два часа, при увеличении среднего времени доставки до четырех часов наработка на отказ комбайна должна быть увеличена с девяти до четырнадцати часов за счет ремонта. При рациональном значении коэффициента простоя 0,5 и увеличении отказов с пяти до десяти наработка должна быть увеличена с одиннадцати до пятнадцати часов, за счет сокращения времени на устранение последствий технических отказов.

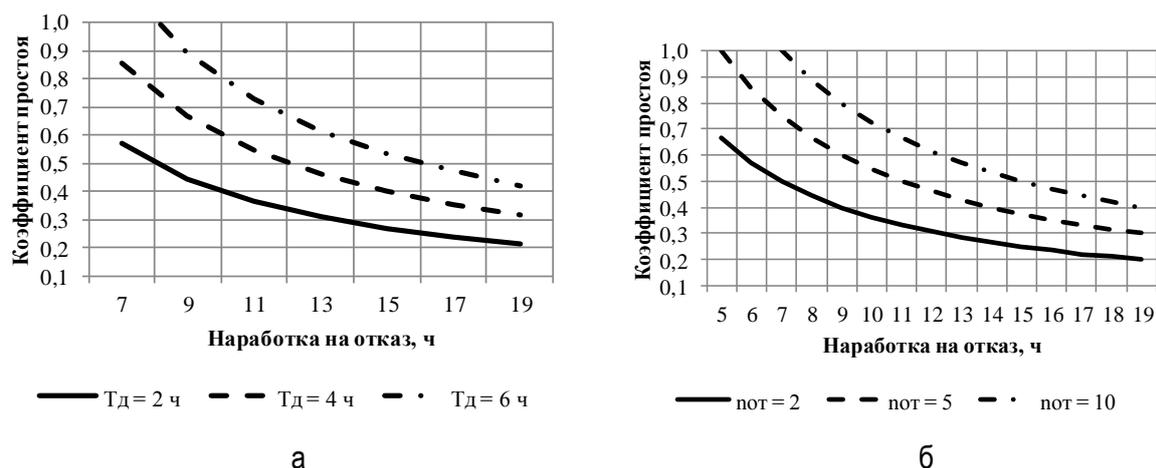


Рис. 3. Зависимость коэффициента простоя от наработки на отказ при различном времени доставки запасных частей (а) и количества отказов (б)

Повысить эффективность машиноиспользования возможно за счет увеличения агротехнических сроков уборки при использовании различных по скороспелости культур, сортов и сокращения технологических простоев рациональным построением уборочно-транспортных

комплексов [4–8]. Для увеличения наработки на отказ и снижения количества отказов при агрегатном методе ремонта зерноуборочного комбайна определены его трудоемкость и капиталовложения (рис. 4, 5).

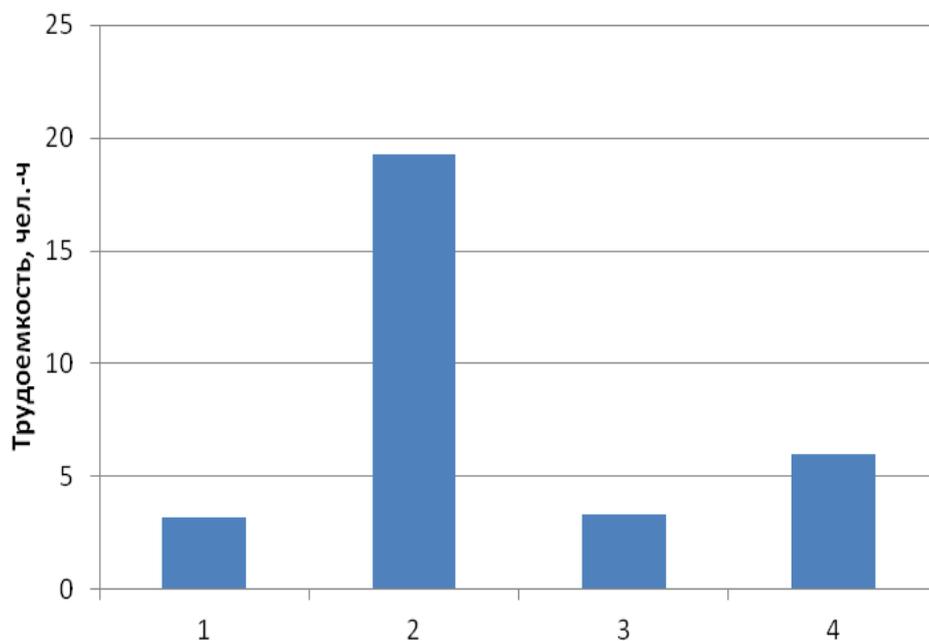


Рис. 4. Значение трудоемкости устранения последствий отказа по агрегатам зерноуборочных комбайнов 3-го класса (1 – жатка; 2 – молотильно-сепарирующее устройство; 3 – моторно-силовая установка; 4 – ходовая часть)

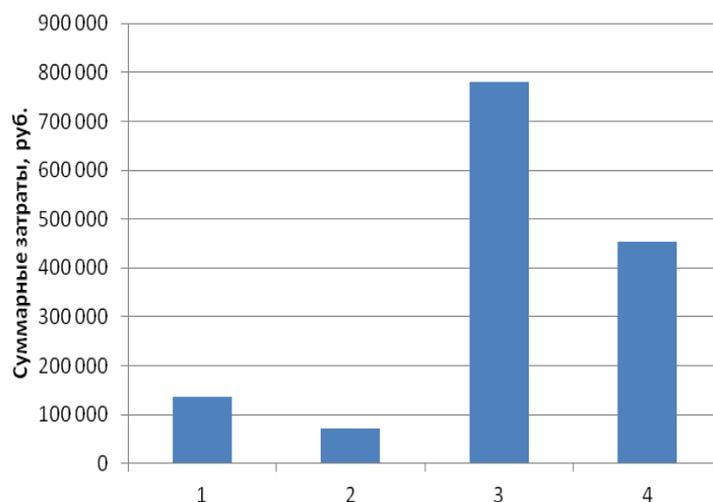


Рис. 5. Значение затрат на ремонтно-обслуживающие воздействия по агрегатам зерноуборочных комбайнов 3-го класса (1 – жатка; 2 – молотильно-сепарирующее устройство; 3 – моторно-силовая установка; 4 – ходовая часть)

Как видно из рисунков 4 и 5, наибольшая трудоемкость устранения последствий технического отказа – у молотильно-сепарирующего устройства, а максимальные денежные затраты приходится на моторно-силовую установку комбайна.

Производственное внедрение результатов исследований по согласованию рационального соотношения времени простоя на устранение последствий технических отказов и сезонной нагрузки зерноуборочного комбайна 3-го класса позволило получить годовой экономический эффект до 740 руб/га.

### Выводы

1. Установлено, что при уменьшении сезонной нагрузки зерноуборочного комбайна коэффициент простоя из-за устранения последствий технических отказов увеличивается. Так, с уменьшением сезонной нагрузки зерноуборочного комбайна 3-го класса с 300 до 200 гектаров коэффициент простоя увеличивается с 0,2 до 0,8.

2. Определены рациональные показатели времени доставки запасных частей и наработки на отказ зерноуборочного комбайна 3-го класса. При рациональном показателе коэффициента простоя, равном 0,4, необходимо иметь наработку на отказ девять часов и время доставки запасных частей два часа. С увеличением среднего времени доставки с двух до четырех

часов наработка комбайна на отказ должна быть увеличена с девяти до четырнадцати часов.

3. Резервами повышения безотказности зерноуборочного комбайна является снижение времени на доставку запасных частей и устранения последствий технического отказа, увеличение наработки на отказ за счет агрегатного метода ремонта комбайна перед началом уборки.

### Литература

1. Шепелёв С.Д., Плаксин А.М., Черкасов Ю.Б. Влияние срока службы и сезонной наработки на показатели эксплуатационной надежности зерноуборочных комбайнов // Агропромышленный комплекс России. – 2016. – Т. 75. – № 1. – С. 122–126.
2. Шепелёв С.Д., Черкасов Ю.Б. Обоснование рационального уровня надежности технологических машин в зерноуборочном процессе // Вестн. КрасГАУ. – 2015. – № 5. – С. 58–63.
3. Шепелёв С.Д., Шепелёв В.Д., Черкасов Ю.Б. Статистические показатели производительности зерноуборочных комбайнов в зависимости от наработки // Агропродовольственная политика России. – 2015. – № 1 (13). – С. 36–40.
4. Шепелёв С.Д., Краченко И.Н. Повышение эффективности уборки на основе циклического созревания зерновых культур // Тех-

- ника и оборудование для села. – 2011. – № 7 (169). – С. 26–27.
5. *Шепелёв С.Д., Черкасов Ю.Б.* Обоснование границ эффективности использования накопителя-перегрузателя // Вестн. КрасГАУ. – 2013. – № 12. – С. 199–203.
  6. *Шепелёв С.Д., Шепелёв В.Д., Черкасов Ю.Б.* Обоснование потребности в трудовых ресурсах при проектировании зерноуборочных процессов // АПК России. – 2012. – Т. 61. – С. 100–103.
  7. *Шепелёв С.Д., Шепелёв В.Д.* Обоснование технико-технологических параметров зерноочистительных агрегатов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 2. – С. 9–11.
- Literatura**
1. *Shepel'jov S.D., Plaksin A.M., Cherkasov Ju.B.* Vlijanie sroka sluzhby i sezonnoj narabotki na pokazateli jeksploatacionnoj nadezhnosti zernouborochnyh kombajnov // Agropromyshlennyj kompleks Rossii. – 2016. – Т. 75. – № 1. – С. 122–126.
  2. *Shepel'jov S.D., Cherkasov Ju.B.* Obosnovanie racional'nogo urovnja nadezhnosti tehnologicheskikh mashin v zernouborochnom processe // Vestn. KrasGAU. – 2015. – № 5. – С. 58–63.
  3. *Shepel'jov S.D., Shepel'jov V.D., Cherkasov Ju.B.* Statisticheskie pokazateli proizvoditel'nosti zernouborochnyh kombajnov v zavisimosti ot narabotki // Agroprodovol'stvennaja politika Rossii. – 2015. – № 1 (13). – С. 36–40.
  4. *Shepelev S.D., Krachenko I.N.* Povyshenie jeffektivnosti uborki na osnove ciklicheskogo sozrevanija zernovyh kul'tur // Tehnika i oborudovanie dlja sela. – 2011. – № 7 (169). – С. 26–27.
  5. *Shepelev S.D., Cherkasov Ju.B.* Obosnovanie granic jeffektivnosti ispol'zovanija nakopitelja-peregruzhatelja // Vestn. KrasGAU. – 2013. – № 12. – С. 199–203.
  6. *Shepel'jov S.D., Shepel'jov V.D., Cherkasov Ju.B.* Obosnovanie potrebnosti v trudovyh resursah pri proektirovanii zernouborochnyh processov // APK Rossii. – 2012. – Т. 61. – С. 100–103.
  7. *Shepelev S.D., Shepelev V.D.* Obosnovanie tehniko-tehnologicheskikh parametrov zerno-ochistitel'nyh agregatov // Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. – 2007. – № 2. – С. 9–11.

УДК 628.54

*Т.И. Халтурина, С.А. Козлова,  
О.В. Чурбакова, С.Г. Третьяков*

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИОННОЙ  
ОБРАБОТКИ СТОЧНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ ЭМУЛЬГИРОВАННЫЕ НЕФТЕПРОДУКТЫ**

*T.I. Khalturina, S.A. Kozlova,  
O.V. Churbakova, S.G. Tretyakov*

**THE OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF ELECTROCOAGULATIVE  
PROCESSING OF THE SEWAGE CONTAINING THE EMULSIFIED OIL PRODUCTS**

*Халтурина Т.И.* – канд. хим. наук, проф. каф. инженерных систем зданий и сооружений Инженерно-строительного института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: THal1965@yandex.ru

*Khalturina T.I.* – Cand. Chem. Sci., Prof., Chair of Engineering Systems of Buildings and Constructions, Construction Institute, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: THal1965@yandex.ru