

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАКТОРА «БЕЛАРУС-1523»  
НА ОПЕРАЦИЯХ ПОЧВООБРАБОТКИN.I. Selivanov, Yu.V. Kosikina,  
V.S. Samokhvalov

## RATIONAL USE OF BELARUS-1523 TRACTOR ON TILLAGE OPERATIONS

**Селиванов Н.И.** – д-р техн. наук, проф., зав. каф. тракторов и автомобилей Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: info@kgau.ru

**Косикина Ю.В.** – магистрант каф. тракторов и автомобилей Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: zaika-09.04.93@mail.ru

**Самохвалов В.С.** – асп. каф. тракторов и автомобилей Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: zaika-09.04.93@mail.ru

**Selivanov N.I.** – Dr. Techn. Sci., Prof., Head, Chair of Tractors and Cars, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: info@kgau.ru

**Kosikina Yu.V.** – Magistrate Student, Chair of Tractors and Cars, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: zaika-09.04.93@mail.ru

**Samokhvalov V.S.** – Post-Graduate Student, Chair of Tractors and Cars, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: zaika-09.04.93@mail.ru

Проведен анализ российского и регионального рынков сельскохозяйственных тракторов, основу которых составляют модельные ряды мобильных энергосредств колесной формулы 4к4а улучшенной классической компоновки. В АПК Красноярского края преобладают колесные тракторы «Беларус», на которые приходится около 45 % численности тракторного парка. В последние два года расширился рынок тракторов «Беларус-1523», которые в ближайшей перспективе должны составить основу энергетических средств 2,0–3,0 тяговых классов тракторного парка. Для эффективного использования этого трактора в разных по энергоёмкости технологиях почвообработки разработаны модели и алгоритм оптимизации и рационального распределения его эксплуатационной массы по осям путем регулирования количества неподвижных балластных грузов в передней части остова и на дисках задних колес. По результатам моделирования и эксперимента установлены оптимальные значения основного показателя технологичности – удельной массы трактора для операций почвообработки разных групп. Адаптацию трактора на одинарных

колесах к операциям почвообработки третьей группы в диапазоне рабочих скоростей от 3,0 до 3,8 м/с при номинальном тяговом усилии 22,0 кН обеспечивает базовая комплектация без съёмного балласта с удельной массой  $m_{\text{удб}} = 51-52 \text{ кг/кВт}$ . В скоростном диапазоне от 2,0 до 3,0 м/с на операциях почвообработки первой и второй групп установкой переднего балласта массой 500 кг и двух грузов по 165–170 кг на дисках задних колес достигается наиболее эффективное использование трактора с номинальным тяговым усилием 27,1–29,7 кН. Рекомендуемая изготовителем установка только передних грузов массой 500 кг снижает номинальное тяговое усилие трактора при выполнении операций почвообработки первой и второй групп на 7–8 %.

**Ключевые слова:** адаптация, алгоритм, модели, балластирование, удельная масса.

The analysis of the Russian and regional markets of agricultural tractors which basis is made by model ranges of mobile power means of a wheel formula 4k4a of the improved classical configuration is carried out. In agrarian and industrial complex of Krasnoyarsk Region wheel Belarus tractors

of which about 45 % of number of tractor park are the share prevail. In the last two years the market of the Belarus-1523 tractors which in short term have to make a basis of power means of 2.0–3.0 traction classes of tractor park extended. Models and algorithm of optimization and rational distribution of its operational weight on axes by regulation of quantity of motionless ballast freights in forward part of a skeleton and on disks of back wheels are developed for effective use of this tractor in technologies of tillage, different in power consumption. By the results of modeling and experiment optimum values of the main indicator of technological effectiveness, i.e. specific mass of the tractor for operations of tillage of different groups are established. The adaptation of the tractor on unary wheels to operations of tillage of the third group in the range of working speeds from 3.0 to 3.8 m/s at nominal traction force of 22.0 kN is provided by a basic complete set without removable ballast with specific weight. In the high-speed range from 2.0 to 3.0 m/s on operations of tillage of the first and second groups' installation of forward ballast weighing 500 kg and two freights on 165–170 kg on disks of back wheels reaches the most effective use of a tractor with nominal traction force of 27.1–29.7 kN. The installation only of forward freights weighing 500 kg recommended by the manufacturer reduces nominal traction force of the tractor when performing operations of tillage of the first and second groups by 7–8 %.

**Keywords:** adaptation, algorithm, models, ballasting, specific weight.

**Введение.** В последние годы на российском и региональных рынках широко представлены модельные ряды зарубежных и отечественных сельскохозяйственных тракторов колесной формулы 4к4а улучшенной классической компоновки с увеличенным диаметром передних управляемых колес [1, 2]. Доля продаж этих тракторов достигла 93 % при повышении верхней границы мощности до 280–300 кВт (380–400 л.с.).

В АПК Красноярского края, который относится к агрозоне б.2, преобладают колесные тракторы фирмы «Беларус» 1,4–3,0 классов (кл.), составляющие около 45 % численности тракторного парка региона. Тракторов «Беларус-1523» в 2015–2016 гг. приобретено 12 ед., или

13 % от общего количества. Эти тракторы должны до 2025 г. составить основу энергетических средств 2–3 кл. тракторного парка сельских товаропроизводителей.

При возделывании зерновых и кормовых культур сельхозпредприятия края применяют три вида цельнозамкнутых технологий обработки почвы и посева (традиционная, минимальная и нулевая) агрегатами на базе отечественных и зарубежных тракторов общего назначения и универсальных, выбор которых определяется агроэкологическим состоянием поля, наличием технических средств и материальных ресурсов.

С учетом характеристик удельного сопротивления рабочих машин  $K_0$  и  $\Delta K$ , интервалов рабочих скоростей  $V_H^* \pm \Delta V$  операции основной обработки почвы разделены на три группы [3–5]:

1) отвальная вспашка и глубокое рыхление на глубину 0,21–0,23 м и 0,40–0,50 м соответственно при  $K_{01}=11,0-14,0$  кН/м,  $\Delta K_1=0,13-0,18$  с<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> и  $V_{H1}^*=2,20 \pm 0,20$  м/с;

2) послеуборочная безотвальная комбинированная обработка (сплошная культивация) и чизелевание на глубину 0,14–0,16 м и 0,20–0,30 м соответственно при  $K_{02}=4,70-6,50$  кН/м,  $\Delta K_2=0,09$  с<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> и  $V_{H2}^*=2,70 \pm 0,30$  м/с;

3) послеуборочная поверхностная обработка (лушение стерни), предпосевная обработка, обработка и посев по нулевой технологии на глубину 0,06–0,12 м при  $K_{03}=3,10-5,10$  кН/м,  $\Delta K_3=0,06$  с<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, и  $V_{H3}^*=3,33 \pm 0,50$  м/с.

Для адаптации к технологиям почвообработки разных по энергоемкости групп на всех моделях энергонасыщенных колесных тракторов, в т.ч. и «Беларус-1523», с установленной мощностью двигателя применяется регулирование эксплуатационной массы и ее рациональное распределение по осям путем использования разного количества съемных балластных грузов, размещенных неподвижно в передней части остова, на дисках задних и передних колес [6].

Неоднозначность рекомендаций в инструкциях по эксплуатации, а также недостаточный опыт практического использования отдельных модификаций трактора «Беларус-1523» в зо-

нальных технологиях почвообработки не позволяют установить рациональные условия их балластирования для адаптации к разным по энергоемкости операциям основной обработки почвы.

**Цель работы.** Повышение эффективности использования энергонасыщенного колесного трактора «Беларус-1523» в зональных технологиях почвообработки.

**Задачи:** обосновать модели и алгоритм адаптации трактора к технологиям почвообработки; установить рациональные интервалы изменения и распределение по осям массы трактора для разных технологий почвообработки.

**Материалы и методы исследования.** При решении поставленных задач учитывались параметры технической характеристики трактора «Беларус-1523» разных модификаций. Базовой модели и комплектации трактора с установленной мощностью двигателя  $N_{э} = 116 \text{ кВт}$  при номинальной частоте вращения коленчатого вала  $n_H = 2100 \text{ мин}^{-1}$  и коэффициенте приспособляемости по моменту  $K_M = 1,25$  соответствует эксплуатационная масса 5750 кг на одинарных колесах без съемного балласта и продольная база  $L = 2,76 \text{ м}$  [7]. Передними балластными грузами массой 500 кг трактор оснащается для выполнения энергоемких операций почвообработки первой и второй групп в оптимальном диапазоне рабочих скоростей от 2,0 до 3,0 м/с. Оценка тягово-сцепных свойств трактора проводилась на основе экспериментальных зависимостей тягового КПД и буксования от коэффициента использования сцепного веса  $\varphi_{кр} : \eta_T, \delta = f(\varphi_{кр})$  при установленных значениях КПД трансмиссии  $\eta_{TP}$ , коэффициента сопротивления перекачиванию  $f$  и постоянных величин  $a$  и  $b$  [1]

$$\eta_T = \eta_{TP} \left[ \frac{\varphi_{кр}}{(\varphi_{кр} + f)} \right] \left\{ \left[ 1 - \frac{a \varphi_{кр}}{b - \varphi_{кр}} \right] \right\}. \quad (1)$$

Эффективное использование трактора с заданными параметрами двигателя ( $N_{э}, K_M$ ) и установленным тяговым диапазоном ( $\varphi_{крот} - \varphi_{крmax}$ ) на разных по энергоемкости группах родственных операций обработки поч-

вы с обоснованными интервалами изменения рабочей скорости достигается регулированием эксплуатационной массы съемным балластом для обеспечения оптимальных значений показателя технологичности – удельной массы  $m_{yoi}^* (\text{кг} / \text{кВт})$  в номинальном тягово-скоростном режиме

$$m_{yoi}^* = \eta_{THi} / \varphi_{КРHi} \cdot V_{Hi}^* \cdot g \cdot 10^{-3}. \quad (2)$$

Номинальные значения коэффициента  $\varphi_{КРHi}$  для уменьшения общей массы съемного балласта на операциях первой и второй групп выбирались из условия:  $\varphi_{КРHi} = \varphi_{КРmax}$  при допустимом буксовании  $\delta_0 = 0,14 - 0,15$ ;  $\varphi_{КРH2} = 0,5(\varphi_{КРmax} + \varphi_{КРopt})$  и  $\varphi_{КРH3} = \varphi_{КРopt}$  при максимальном значении тягового КПД  $\eta_{Tmax}$  [6, 8].

Оптимальные значения эксплуатационной массы трактора  $m_{э}^* (\text{кг})$  и номинальное тяговое усилие  $P_{КРHi}, \text{кН}$  для операций почвообработки каждой группы определялись по формулам [6, 8, 9]

$$\begin{cases} m_{эi}^* = \xi_{Ni}^* \cdot N_{э} \cdot m_{yoi}^* \\ P_{КРHi}^* = m_{эi}^* \cdot g \cdot \varphi_{КРHi} \end{cases} \quad (3)$$

Значение коэффициента использования мощности тракторного двигателя в зависимости от коэффициента вариации момента сопротивления на валу  $v_{MC}$  при  $v_{MC1} = 0,10$  и  $v_{MC2} = v_{MC1} = 0,07$  и  $K_M = 1,25$  устанавливалось по уравнению [6]

$$\xi_{Ni}^* = -0,964 + 1,80 \cdot K_M - 0,40 \cdot K_M^2 + 0,023 / v_{MC}. \quad (4)$$

Для обеспечения оптимальной нагруженности передних колес в режиме рабочего хода  $\lambda_{ПП} = Y_{II} / G_{э} = 0,30 - 0,35$  с тяговой нагрузкой  $P_{КРHi}$  абсцисса центра масс трактора на операциях почвообработки всех установленных групп определялась из условия

$$a_u \geq \lambda_{ПР} \cdot L + h_{КР} \cdot \varphi_{КРН} + 0,5f \cdot (r_{ок} + r_{оп}). \quad (5)$$

У трактора базовой комплектации с минимальной транспортировочной массой брутто  $m_{Э0} \cong m_{Э3}$  полная масса съемного балласта для операций первой и второй групп  $m_{БПi}$  находилась как

$$\begin{cases} m_{БП1}^* = m_{Бmax} = m_{Э1}^* - m_{Э0}; \\ m_{БП2}^* = m_{Э2}^* - m_{Э0}. \end{cases} \quad (6)$$

Общая схема балластирования трактора базовой комплектации с эксплуатационным весом  $G_{ЭБ} = G_{Э0}$ , продольной базой  $L$  и абсциссой

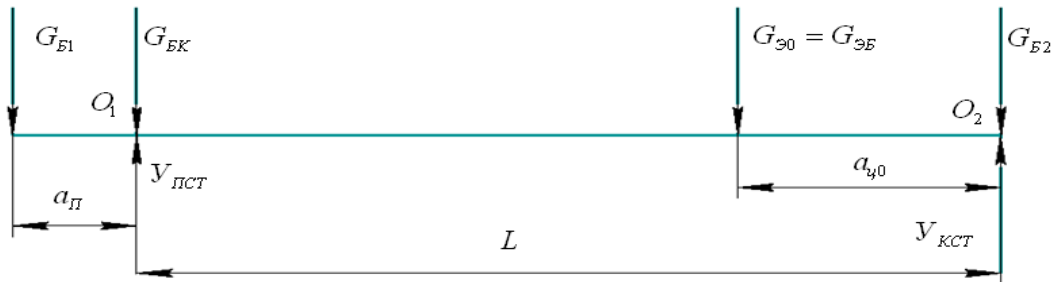


Рис. 1. Расчетная схема определения массы переднего и заднего балластов тракторов 4к4а

Обозначив относительные величины абсциссы центра масс трактора базовой (с транспортировочной массой) и рабочей комплектаций как  $A_{у0} = a_{у0} / L$  и  $A_u = a_u / L$ , а также переднего балласта  $A_n = (L + a_n) / L$ , получили выражения для определения  $m_{Б1}^*$  и  $m_{Б2}^*$  при  $m_{БК} = 0$ :

$$\begin{cases} m_{Б1}^* = (m_{Э}^* \cdot A_{П} - m_{Э0} \cdot A_{Ц0}) / A_n; \\ m_{Б2}^* = (m_{Э}^* - m_{Э0}) - (m_{Э}^* A_u - m_{Э0} A_{у0}) / A_n. \end{cases} \quad (8)$$

При этом абсцисса центра масс  $A_u$  для оптимальной нагруженности передних колес трактора в номинальном тяговом режиме и заданном значении  $\lambda_{пр}$

$$A_u^* \geq \lambda_{ПР} + [h_{КР} \cdot \varphi_{КРН} + 0,5f(r_{ок} + r_{оп})] / L. \quad (9)$$

Алгоритм оптимизации и рационального распределения массы трактора с установленной характеристикой двигателя по осям для каждой группы операций почвообработки включает [8]: определение зависимостей  $\eta_T, \delta = f(\varphi_{КР})$  в интервале буксования задних колес от 7 до

центра масс  $a_{у0}$  съемными грузами, установленными впереди остова  $G_{Б1}$ , на дисках передних  $G_{БК}$  и задних  $G_{Б2}$  колес, представлена на рисунке 1. Массы передних  $m_{Б1}$  и  $m_{БК}$  и заднего  $m_{Б2}$  балластов для получения рекомендуемого (оптимального) распределения веса трактора в статике определялись решением уравнений моментов относительно осей передних  $O_1$  и задних  $O_2$  колес

$$\begin{cases} Y_{ПСТ} = [G_{Э0} \cdot a_{у0} + G_{БК} \cdot L + G_{Б1}(L + a_n)] / L; \\ Y_{КСТ} = [G_{Э0}(L - a_{у0}) + G_{Б2} \cdot L - G_{Б1} \cdot a_n] / L. \end{cases} \quad (7)$$

20 % по (1); установление  $\varphi_{КРНi}$  и соответствующих им значений тягового КПД  $\eta_{ТНi}$  и удельной массы  $m_{уoi}^*$  для разных групп операций по (2); расчет  $\xi_N^*$  по (4), эксплуатационной массы  $m_{Эi}^*$  и номинального тягового усилия  $P_{КРНi}$  трактора по (3) при номинальной рабочей скорости  $V_{Hi}^*$ ; определение  $a_u$  и  $A_u^*$  по (5) и (9) при заданной  $\lambda_{ПР}$ ; расчет  $Y_{ПСТ}^*$  и  $Y_{КСТ}^*$  по (7), определение массы полного  $m_{БП}^*$ , переднего  $m_{Б1}^*$  и заднего  $m_{Б2}^*$  балластов по (6) и (8).

**Результаты исследования.** По результатам моделирования обоснован рациональный тяговый диапазон трактора  $(\varphi_{КРmax} - \varphi_{КРopt}) = \Delta\varphi_{КРН}$ , ограниченный  $\varphi_{КРmax}$  при  $\delta_0 \leq 0,15$  и  $\varphi_{КРopt} = 0,38$  при  $\eta_{Tmax} = 0,638$  (рис. 2).

Установлены номинальные тяговые режимы для операций почвообработки разных групп:  $\varphi_{КРН1} \approx \varphi_{КРmax}$ ;  $\varphi_{КРН2} \approx 0,5(\varphi_{КРmax} + \varphi_{КРopt})$ ;  $\varphi_{КРН3} \approx \varphi_{КРopt}$  (табл.).

Таблица 1

Значения тягового КПД трактора и его составляющих в рациональном тяговом диапазоне (фон – стерня)

$\varphi_{кр}$	$\eta_{TP}$	$\eta_f$	$\eta_\delta$	$\eta_T$	$g_{крН} = g_{ен} / \eta_T, \text{кВт}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$
0,38 ( $\varphi_{кр\text{opt}}$ )	0,90	0,792	0,895	0,638	0,345
0,41 ( $\varphi_{кр\text{H}}$ )	0,90	0,804	0,880	0,637	0,345
0,45 ( $\varphi_{кр\text{max}}$ )	0,90	0,818	0,859	0,632	0,348

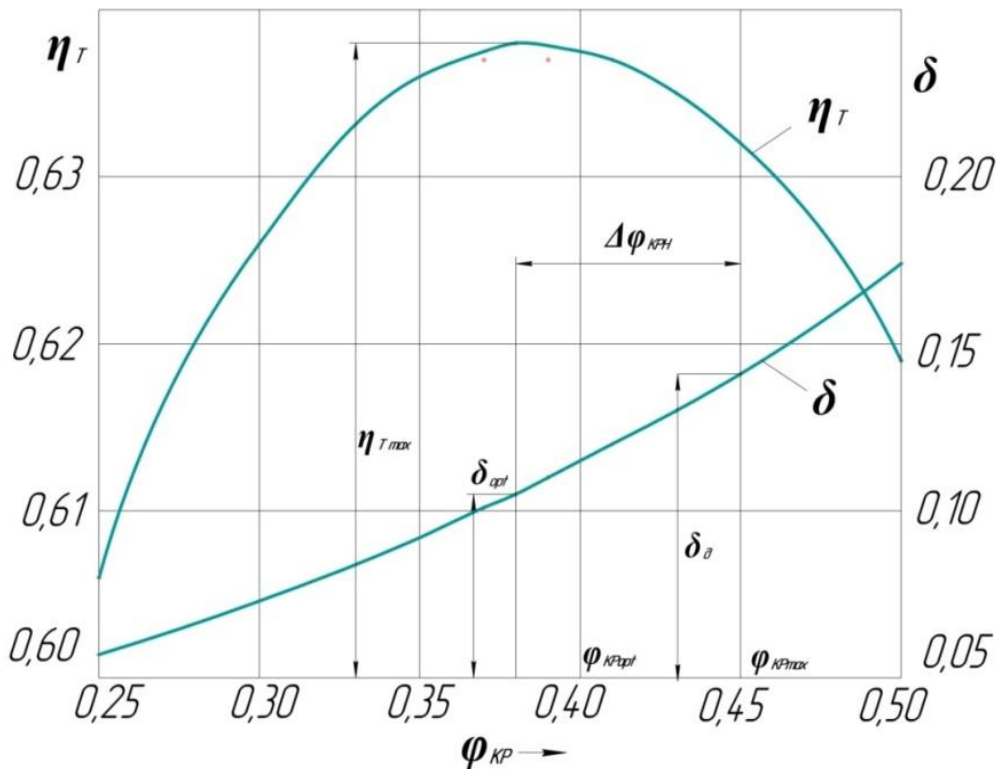


Рис. 2. Зависимость тягового КПД и буксования трактора от коэффициента использования веса

Рациональному тяговому диапазону трактора при  $\lambda V_{H\text{max}} = V_{H3} / V_{H1} = 1,514$  соответствует интервал изменения удельной массы от  $m_{y\delta3}^* = 51,40$  до  $m_{y\delta1}^* = 65,08 \text{кВт}/\text{кВт}$  и  $\lambda m_{Э\text{max}} = m_{y\delta1}^* / m_{y\delta3}^* = 1,266$ . С учетом значений  $v_{MC}$  и  $\xi_N^*$  эксплуатационная масса трактора на операциях 1-й и 2-й групп остается практически неизменной  $m_{Э1}^* \approx m_{Э2}^* = 6730 \text{кВт}$  и превышает массу базовой комплектации для операций почвообработки 3-й группы  $m_{Э3}^* = m_B = 5900 \text{кВт}$  в среднем на 830 кг (табл. 2). Указанная разность обеспечивается установкой переднего съемного балласта мас-

сой  $m_{Б1} = 498 \text{кВт}$  при  $A_{II} = 1,145$  и двух кольцевых грузов массой  $m_{Б2} = 165-170 \text{кВт}$  на дисках задних колес.

Трактор базовой комплектации с  $P_{крН3} = 22,0 \text{кВт}$  по ГОСТ-7057-81 относится ко 2 кл., а с установленным балластом – к 3 кл. при  $P_{крН1} = 29,7 \text{кВт}$ .

Несущественное отличие фактической эксплуатационной массы трактора базовой комплектации без съемного балласта от расчетной позволяет использовать его в скоростном диапазоне 3,0–3,6 м/с с наивысшей эффективностью на операциях почвообработки третьей группы.

**Эксплуатационные параметры трактора «Беларус-1523» для разных групп операций  
почвообработки**

Группа операций	$\varphi_{КРН}$	$V_H$ , м/с	$m_{уд}^*$ , кг/кВт	$\xi_N^*$	$m_{Э}$ , кг	$P_{КР}$ , кВт	$A_{Ц}$	$m_{Б1}$ , кг	$m_{Б2}$ , кг
1	0,45	2,20	65,08	0,891	6726	29,7	0,430	498	332
2	0,41	2,70	58,66	0,990	6736	27,1	0,430	498	332
3	0,38	3,33	51,40	0,990	5900	22,0	0,394	0	0

Однако установка только передних грузов массой 500 кг снижает номинальное тяговое усилие и, соответственно, эффективность трактора на 7–8 % при выполнении операций почвообработки первой и второй групп в скоростном диапазоне от 2,0 до 3,0 м/с. Распределение веса трактора в статике при этом  $U_{ПСТ}/U_{КСТ} = 0,454/0,546$  обеспечивает нежелательную разгрузку задних колес на 0,70 кН.

### Выводы

1. Обоснованы модели и алгоритм адаптации колесного трактора 4к4а «Беларус-1523» к зональным технологиям почвообработки с установлением оптимальных значений основного показателя технологичности – удельной массы.

2. Адаптация трактора «Беларус-1523» на одинарных колесах к технологиям почвообработки достигается использованием базовой комплектации без съемного балласта при удельной массе  $m_{уд} = 51 - 52 \text{ кг/кВт}$  в диапазоне рабочих скоростей от 3,0 до 3,8 м/с на операциях почвообработки третьей группы; установкой переднего балласта массой 500 кг и двух грузов по 165–170 кг на дисках задних колес при использовании в скоростном диапазоне от 2,0 до 3,0 м/с на операциях почвообработки первой и второй групп.

### Литература

1. Парфенов А.П. Тенденции развития конструкций сельскохозяйственных тракторов // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 5. – С. 42–47.
2. Селиванов Н.И. Рациональное балластирование энергонасыщенных колесных трак-

торов разной комплектации // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 8. – С. 123–129.

3. Селиванов Н.И. Технологические свойства мощных тракторов / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2015. – 202 с.
4. Селиванов Н.И., Запрудский В.Н. Эффективность технологических процессов основной обработки почвы // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 4. – С. 179–185.
5. Селиванов Н.И., Запрудский В.Н. Рациональное использование тракторов серии К-744Р на основной обработке почвы // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 3. – С. 129–135.
6. Селиванов Н.И., Макеева Ю.Н. Эффективность использования колесных тракторов в технологиях почвообработки // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 6. – С. 49–57.
7. Селиванов Н.И., Запрудский В.Н., Макеева Ю.Н. Удельная материалоемкость колесных тракторов // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 2. – С. 56–63.
8. Селиванов Н.И., Макеева Ю.Н. Удельная материалоемкость колесных тракторов при балластировании для технологий почвообработки // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 10. – С. 65–70.
9. Руководство по эксплуатации «Беларус 1523/1523В» / М.В. Гутько [и др.]. – Минск, 2009.

### Literatura

1. Parfenov A.P. Tendencii razvitija konstrukcij sel'skohozjajstvennyh traktorov // Traktory i sel'hozmashiny. – 2015. – № 5. – S. 42–47.
2. Selivanov N.I. Racional'noe ballastirovanie jenergonasyshennyh kolesnyh traktorov

- raznoj komplektacii // Vestnik KrasGAU. – 2016. – № 8. – S. 123–129.
3. *Selivanov N.I.* Tehnologicheskie svojstva moshhnyh traktorov / Krasnojarsk. gos. agrar. un-t. – Krasnojarsk, 2015. – 202 s.
  4. *Selivanov N.I., Zaprudskij V.N.* Jefferektivnost' tehnologicheskikh processov osnovnoj obrabotki pochvy // Vestnik KrasGAU. – 2012. – № 4. – S. 179–185.
  5. *Selivanov N.I., Zaprudskij V.N.* Racional'noe ispol'zovanie traktorov serii K-744R na osnovnoj obrabotke pochvy // Vestnik KrasGAU. – 2013. – № 3. – S. 129–135.
  6. *Selivanov N.I., Makeeva Ju.N.* Jefferektivnost' ispol'zovanija kolesnyh traktorov v tehnologii jah pochvoobrabotki // Vestnik KrasGAU. – 2015. – № 6. – S. 49–57.
  7. *Selivanov N.I., Zaprudskij V.N., Makeeva Ju.N.* Udel'naja materialoemkost' kolesnyh traktorov // Vestnik KrasGAU. – 2015. – № 2. – S. 56–63.
  8. *Selivanov N.I., Makeeva Ju.N.* Udel'naja materialoemkost' kolesnyh traktorov pri ballastirovanii dlja tehnologij pochvoobrabotki // Vestnik KrasGAU. – 2015. – № 10. – S. 65–70.
  9. *Rukovodstvo po jekspluatacii «Belarus 1523/1523V» / M.V. Gut'ko [i dr.].* – Minsk, 2009.



УДК 628.33

*Т.И. Халтурина, О.В. Чурбакова,  
Е.А. Сысоева, А.В. Богатырёва*

**ГЛУБОКОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ ХРОМА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ  
ЖЕЛЕЗНОЙ СТРУЖКИ И АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТРАКТОРНОГО  
И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ**

*T.I. Khalturina, O.V. Churbakova,  
E.A. Sysoeva, A.V. Bogatyryova*

**DEEP EXTRACTION OF CHROMIUM IONS FROM SEWAGE WHEN USING IRON  
CHIPS AND ABSORBENT CARBON AT TRACTOR AND AGRICULTURAL  
MECHANICAL ENGINEERING ENTERPRISES**

**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

**Чурбакова О.В.** – канд. техн. наук, доц. каф. инженерной экологии и безопасности жизнедеятельности Политехнического института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: ochurbacova@mail.ru

**Сысоева Е.А.** – магистрант каф. инженерных систем зданий и сооружений Инженерно-строительного института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: kateandr16@mail.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

**Churbakova O.V.** – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Engineering Ecology and Health and Safety, Polytechnical Institute, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: ochurbacova@mail.ru

**Sysoeva E.A.** – Magistrate Student, Chair of Engineering Systems of Buildings and Constructions, Construction Institute, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: kateandr16@mail.ru