

РАЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ СОВРЕМЕННЫХ ТРАКТОРОВ  
В УСЛОВИЯХ ПЕРЕМЕННОГО ХАРАКТЕРА ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

S.Yu. Zhuravlev

RATIONAL PARAMETERS AND OPERATION MODES OF MODERN TRACTORS IN CONDITIONS  
OF VARIABLE CHARACTER OF EXTERNAL INFLUENCES

**Журавлев С.Ю.** – канд. техн. наук, доц. каф. механизации и технического сервиса в АПК Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: SUJ61@mail.ru

**Zhuravlev S.Yu.** – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Mechanization and Technical Service in AIC, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: SUJ61@mail

Цель исследования – обоснование наиболее эффективных параметров и режимов работы почвообрабатывающего агрегата с колесным 4К4а трактором 5-го класса тяги. Задачей исследования является установление степени влияния переменных внешних воздействий на параметры тяговой характеристики колесного трактора «John Deere 8310R» с учетом различных значений его эксплуатационной массы. Задачи исследования решены с помощью универсальных методик определения наиболее рациональных значений тягово-динамической характеристики трактора при случайном характере внешней нагрузки. Сопоставление расчетных данных показало, что энергетические показатели трактора на одинарных или сдвоенных колесах при различных значениях коэффициента вариации нагрузки  $v_p$  на данной передаче несущественно отличаются для одинаковой величины эксплуатационной массы  $m_3$ . Установка сдвоенных колес позволяет улучшить параметры тяговой характеристики трактора. Например, тяговая мощность трактора увеличивается в среднем на 6 %. Потери мощности  $N_{кр}$ , обусловленные воздействием на агрегат и трактор переменных внешних факторов, составляют 5 % при максимальной величине коэффициента  $v_p$ , что на 1 % ниже, чем при комплектации 1К. Оптимальные нагрузочные режимы для различных комплектаций при  $v_p = 0,06–0,2$  находятся в зоне степени загрузки трактора  $\lambda_p^* = 0,97–1,1$ . Тяговый режим  $\lambda_p^* = 1,0$  соответствует максимальному значению тяговой мощности трактора. Наиболее рациональной является комплектация трактора с массой  $m_3 = 14\ 690$  кг на сдвоенных колесах (2К). Это подтверждают значения параметров тяговой характеристики трактора при различных значениях коэффициента вариации  $v_p$ . Результаты двухкритериальной оптимизации (учитывается одно-

временное влияние двух важнейших критериев: максимум тяговой мощности трактора и минимум удельного расхода топлива) показали, что оптимальная степень загрузки трактора  $\lambda_p^*$  в среднем составляет 0,98. Минимум энергозатрат на рабочем режиме и, соответственно, минимальная величина суммарных эксплуатационных затрат обеспечиваются в диапазоне значений нагрузочного режима трактора  $\lambda_p^* = 0,85–1,07$ .

**Ключевые слова:** трактор, обработка почвы, рациональные параметры, переменная нагрузка, расчетная методика, эксплуатационная масса.

The research objective was justification of the most effective parameters and operating modes of cultivating unit with wheel 4k4a tractor of the 5th class of draft. The research problem was the establishment of the extent of influence of variable external impacts on the parameters of traction characteristic of wheel tractor "John Deere 8310R" taking into account various values of its operational weight. The research problems were solved by means of universal techniques of determination of the most rational values of traction dynamic characteristics of the tractor at casual character of external loading. The comparison of settlement data showed that power indicators of a tractor on unary or dual wheels at various values of coefficient of the variation of loading on this transfer insignificantly differ in identical size of operational weight. The installation of dual wheels allows improving parameters of traction characteristic of a tractor. For example, traction power of a tractor increases on average by 6 %. The losses of power caused by the impact on the unit and a tractor of variable external factors make 5 % at the maximum size of coefficient 1 % lower, than at a complete set 1K. Optimum load modes for various complete sets at  $v_p = 0.06–0.2$  are in the zone of the extent of loading of a tractor = 0.97–1.1. Traction mode = 1.0 corresponds to the maximum value of traction power of the tractor. The most rational is the tractor

weighing =14690 kg complete set on dual wheels (2K). It is confirmed by values of parameters of traction characteristic of a tractor at various values of coefficient of variation. The results of two-criterion optimization (simultaneous influence of two major criteria were considered: the maximum of traction power of a tractor and minimum of specific fuel consumption) showed that optimum extent of loading of a tractor averages 0.98. Minimum of energy consumption on operating mode and, respectively, minimum size of total operational expenses are provided in the range of values of the load mode of the tractor = 0.85–1.07.

**Keywords:** tractor, tillage, rational parameters, variable load, design methods, operating weight.

**Введение.** Повышение эффективности использования современной высокопроизводительной сельскохозяйственной техники с точки зрения минимума эксплуатационных затрат является одним из основных требований к разработке новых и модернизации существующих технических систем, использующихся в качестве мобильных сельскохозяйственных агрегатов (машинно-тракторных агрегатов).

Для установления степени влияния на технико-экономические показатели почвообрабатывающих машинно-тракторных агрегатов (МТА) различных факторов могут быть использованы как экспериментальные, так и теоретические методы исследований. Теоретические методы являются менее затратными и позволяют с большой эффективностью решать поставленные перед ними задачи. Кроме того, они опираются на применение современной высокоэффективной вычислительной техники и соответствующих программных продуктов, основывающихся на использовании математических моделей сложных систем.

**Цель исследований:** оценка эффективности использования МТА с учетом особенностей тяговой характеристики трактора, оснащенного двигателем постоянной мощности (ДПМ) и его рациональных массо-энергетических параметров при выполнении технологических операций обработки почвы. В рас-

четах используются данные тяговой характеристики и значения эксплуатационной массы  $m_э$  колесного трактора 5-го класса тяги JohnDeere 8310R, позволяющие эффективно использовать возможности тракторов этого типоразмера.

**Основная задача исследований:** сопоставление расчетных данных по значениям эксплуатационных показателей трактора с различной величиной эксплуатационной массы  $m_э$  и комплектацией 1К, 2К (одинарные и сдвоенные колеса) при выполнении основных групп операций почвообработки с целью установления наиболее рациональных значений параметров колесного 4К4а трактора 5-го класса тяги с учетом воздействия на него переменной внешней нагрузки [1].

**Материалы и методика исследований.** При определении закономерностей влияния переменных входных случайных величин на выходные показатели МТА предпочтительно использовать вероятностно-статистический метод (метод функций случайных аргументов), разработанный в трудах Л.Е. Агеева и в работах, выполненных под его руководством и являющихся усовершенствованием метода функций случайных аргументов [2]. Эти усовершенствования коснулись, в частности, МТА, в состав которых входят тракторы с ДПМ [3].

Наличие режима постоянной мощности у стендовых характеристик ДПМ в значительной степени снижает негативное влияние на показатели МТА вероятностной нагрузки. Однако при выполнении технологических операций по основной обработке почвы степень колебаний внешних воздействий на агрегаты такова, что потери мощности и производительности неизбежны, несмотря на использование современных технических решений при разработке двигателей и их систем.

Для трактора с двигателем постоянной мощности значение тяговой мощности на различных передачах находим по следующему выражению [4]:

$$\bar{N}_{kp} = f(P_{kp}) = \left[ 0,5 \left( a \bar{P}_{kp} + b \bar{P}_{kp}^2 + b \sigma_p^2 \right) + \left( a_1 \bar{P}_{kp} + b_1 \bar{P}_{kp}^2 + b_1 \sigma_p^2 \right) \Phi(t_n) + \right. \\ \left. + \left( a_2 \bar{P}_{kp} + b_2 \bar{P}_{kp}^2 + b_2 \sigma_p^2 \right) \Phi(t_n) - \sigma_p \{ b_1 \varphi(t_n) \bar{P}_{kp} + b_2 \varphi(t_n) \bar{P}_{kp} \} \right], \quad (1)$$

где  $\bar{N}_{kp}$  – математическое ожидание тяговой мощности на данной передаче, кВт;  $a, b, a_1, b_1, a_2, b_2$  – расчетные коэффициенты, определяемые при аппроксимации тяговой характеристики трактора;

$\Phi(t_n) = (2\pi)^{-1/2} \int_0^{t_n} e^{-t^2/2} dt$  – функция Лапласа для аргумента  $t_n$ ;

$$\Phi(t_n) = (2\pi)^{-1/2} \int_0^{t_n} e^{-t^2/2} dt - \text{функция Лапласа}$$

для аргумента  $t_n$ ;

$\varphi(t_n) = (2\pi)^{-1/2} \exp(-0,5t_n^2)$  – плотность распределения аргумента  $t_n$ ;

$\varphi(t_n) = (2\pi)^{-1/2} \exp(-0,5t_n^2)$  – плотность распределения аргумента  $t_n$ ;

Математические ожидания часового расхода топлива  $\bar{G}_T$  определялись с помощью выражения

$$\bar{G}_T = 0,5(a^* + b^* \bar{P}_{kp}) + (a_1^* + b_1^* \bar{P}_{kp}) \Phi(t_n) + (a_2^* + b_2^* \bar{P}_{kp}) \Phi(t_n) - \sigma_P \{ (b_1^* \phi(t_n) + b_2^* \varphi(t_n)) \}, \quad (2)$$

где  $\bar{G}_T$  – математическое ожидание часового расхода топлива на данной передаче, кг/ч;  $a^*, b^*, a_1^*, b_1^*, a_2^*, b_2^*$  – коэффициенты аппроксимации характеристики трактора по расходу топлива.

Величина средних значений удельного тягового расхода топлива  $\bar{g}_{kp}$  рассчитывалась по формуле

$$\bar{g}_{kp} = \frac{\bar{G}_T}{\bar{N}_{kp}}, \quad (3)$$

где  $\bar{G}_T$  – математическое ожидание часового расхода топлива, кг/ч;  $\bar{N}_{kp}$  – математическое ожидание тяговой мощности, кВт.

Буксование трактора  $\delta$  и рабочую скорость движения агрегата  $V_p$  при максимальном значении силы тяги трактора  $N_{kp}$  с учетом  $f$ -коэффициента сопротивления качению (для 1К –  $f = 0,08$ ; 2К –  $f = 0,06$ ) устанавливаем с помощью следующих выражений [5]:

$$\delta = \frac{a \cdot (\varphi_{kp} - d)}{(b - \varphi_{kp})}, \quad (4)$$

$$V_p = \frac{\eta_T \cdot 10^{-3}}{(g \cdot \varphi_{kp} \cdot m_{y\delta}^*)}, \quad (5)$$

где  $a, b, d$  – коэффициенты ( $a = 0,163, b = 0,979, d = 0,04$  для 2К);  $\eta_{mp}$  – КПД трансмиссии;  $\eta_T$  – тяговый КПД;  $m_{y\delta}^*$  – оптимальная величина удельной эксплуатационной массы трактора, кВт/кг;  $g$  – уско-

$\bar{P}_{kp}$  – среднее значение силы тяги, кН;

$$t_n = \frac{P_{kp.n} - \bar{P}_{kp}}{\sigma_P}; \quad t_n = \frac{P_{kp.n} - \bar{P}_{kp}}{\sigma_P};$$

$\sigma_P$  – среднеквадратическое отклонение силы тяги трактора.

рение силы тяжести;  $\varphi_{kp}$  – коэффициент использования сцепного веса.

Чтобы определить наиболее рациональные параметры тяговой характеристики трактора с учетом переменного характера внешней нагрузки, предпочтительно использовать методику оптимизации, которая учитывает одновременное влияние на показатели работы МТА двух ведущих критериев – тяговая мощность и часовой расход топлива. Для решения этой задачи предпочтительна методика многокритериальной оптимизации энергоматериальных затрат на режиме рабочего хода агрегата с использованием генетических алгоритмов [6].

Данная методика оценивает рациональные режимы работы двигателя и трактора с помощью обобщенного критерия – минимум энергозатрат техно-

нологического процесса  $\lambda^* \bar{E}_{MTA}$ . Этот критерий учитывает минимальное значение потерь энергии при снижении производительности МТА и повышении расхода топлива. Он рассчитывается как соотношение энергозатрат при базовом значении нагрузочного режима трактора ( $\lambda_P = 1,0$ ) и суммарных энергозатрат при работе трактора на оптимальном режиме  $\lambda_P^*$  для текущего значения коэффициента вариации силы тяги  $P_{kp}$ .

**Результаты исследований.** Результаты расчета параметров тяговой характеристики с учетом коэффициента вариации нагрузки  $V_P$  трактора JohnDeere 8310R и его эксплуатационной массы  $m_s^*$ , соответствующей оптимальным значениям удельной массы  $m_{y\delta}^*$  при работе на основных операциях обработки почвы, представлены в таблице 1 [5].

Оптимальные нагрузочные режимы работы  $\lambda_p^*$  трактора JohnDeere 8310R  
(для основных групп операций обработки почвы)

Группа операций	$V_p^*$ , м/с	$V_p$	Комплектация	$m_3^*$ , кг	$\frac{g_{кр}^*}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$	Значение $N_{кр}$ при $P_{кр}^*$ , кВт	Оптимальное значение $P_{кр}^*$ , кВт	$\lambda_p^*$	Номер передачи	$V_{ромт}^*$ , м/с
1	2,2±0,25	0,15	1К	14580	357	147	65	1,0	10	2,26
			2К	16230	340	155	69	1,03	10	2,25
		0,2	1К	14580	361	142	63	0,97	10	2,25
			2К	16230	341	152	70	1,05	10	2,18
2	2,7±0,3	0,1	1К	14580	354	151	56	1,02	11	2,70
			2К	14690	338	159	60	1,04	11	2,64
		0,15	1К	14580	355	149	56	1,02	11	2,66
			2К	14690	338	156	60	1,04	11	2,60
3	3,3±0,5	0,06	1К	11550	353	153	42	1,03	13	3,6
			2К	12900	332	163	45	1,07	13	3,62
		0,1	1К	11550	352	152	42	1,03	13	3,62
			2К	12900	332	161	45	1,07	13	3,58

Анализ расчетных данных показал, что для комплектации 1К наиболее универсальной, исходя из возможности использования трактора в составе агрегата для выполнения всех трех групп операций почвообработки, является масса  $m_3 = 14\,580$  кг. При такой эксплуатационной массе трактора рабочие скорости  $V_p^*$  агрегата наиболее соответствуют агротехническим требованиям. Комплектация  $m_3 = 11\,550$  кг с одинарными колесами может быть использована на операциях третьей группы ( $V_p^* = 3,3 \pm 0,5$  м/с) и транспортных работах.

Энергетические показатели трактора на одинарных колесах при различных значениях коэффициента вариации нагрузки  $V_p$  на данной передаче существенно отличаются при одинаковой величине  $m_3$ . Оптимальные нагрузочные режимы при  $V_p = 0,06 - 0,2$  находятся в зоне степени загрузки трактора  $\lambda_p^* = 0,97 - 1,1$ . Причем в зависимости от номера передачи они смещаются в сторону максимальной силы тяги  $P_{кр\,max}$ . Тяговый режим  $\lambda_p^* = 1,0$  соответствует максимальному значению тяговой мощности трактора. Тяговая мощность трактора  $N_{кр}$  снижается при значении  $V_p = 0,15 - 0,2$  (операции почвообработки первой группы) на 6 % практически на всех передачах. Удельный расход топлива  $\bar{g}_{кр}$  увеличивается незначительно, в основном при су-

щественном увеличении коэффициента вариации  $V_p$ . Необходимо отметить, что благодаря большому запасу крутящего момента у двигателя трактора JohnDeere 8310R (коэффициент приспособляемости по крутящему моменту  $K_n = 1,4$ ) колебания внешней нагрузки не оказывают существенного влияния на величину энергетических показателей характеристики трактора.

Установка сдвоенных колес позволяет улучшить параметры тяговой характеристики трактора. Например, тяговая мощность трактора увеличивается в среднем на 6 %. Это происходит за счет снижения потерь на сопротивление перекачиванию  $f$  и на буксование  $\delta$ . Потери мощности  $N_{кр}$ , обусловленные воздействием на агрегат и трактор переменных внешних факторов, составляют 5 % при максимальной величине  $V_p$ , что несколько ниже, чем при комплектации 1К. Снижение потерь мощности при использовании сдвоенных колес обусловлено снижением величины сопротивления перекачиванию  $f$  с 0,08 на одинарных колесах до 0,06 для комплектации 2К [5].

Исходя из данных расчетов, можно утверждать, что наиболее рациональной является комплектация трактора с массой  $m_3 = 14\,690$  кг на сдвоенных колесах (2К). Это подтверждают значения параметров

тяговой характеристики трактора при различных значениях коэффициента вариации  $V_p$ .

Для операций почвообработки третьей группы трактор с минимальным балластированием желательнее также оснащать сдвоенными колесами (комплектация  $m_3 = 12900$  кг, 2К), так как мощность трактора в этом случае возрастает на 7 % по сравнению с

комплектацией  $m_3 = 11\ 550$  кг на одинарных колесах (1К). Максимальное балластирование ( $m_3 = 16\ 230$  кг) со сдвоенными колесами дает ощутимое преимущество при выполнении операций первой группы.

Результаты расчетов с использованием методики многокритериальной оптимизации энергоматериальных затрат представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты многокритериальной оптимизации параметров и режимов работы трактора

Группа операций	$V_p^*$ , м/с	$V_p$	Комплек- тация	$m_3^*$ , кг	$\bar{N}_{кр}$ , кВт	$\bar{G}_T$ , кг	$\lambda_p^*$	Номер передачи	$\lambda^*_{\bar{E}_{МТА}}$
1	2,2±0,25	0,15	1К	14 580	142	49,7	0,846	10	0,996
			2К	16 230	154	52,0	0,941	10	0,990
		0,2	1К	14 580	140	50,0	0,892	10	0,989
			2К	16 230	151	51,0	0,941	10	0,977
2	2,7±0,3	0,1	1К	14 580	151	53,4	1,0	11	0,967
			2К	14 690	158	53,45	1,02	11	0,974
		0,15	1К	14 580	146	51,6	0,930	11	0,983
			2К	14 690	155	52,0	0,955	11	0,987
3	3,3±0,5	0,06	1К	11 550	153	53,83	1,01	13	0,956
			2К	12 900	163	53,95	1,07	13	0,957
		0,1	1К	11 550	152	53,55	1,03	13	0,957
			2К	12 900	161	53,46	1,05	13	0,955

Анализ результатов двухкритериальной оптимизации, представленных в таблице 2, во многом соответствует данным таблицы 1. Среднее значение степени загрузки трактора  $\lambda_p^*$  составляет 0,98, средние значения мощности  $N_{кр}$  практически соответствуют значениям тяговой мощности в таблице 1 для оптимальных нагрузочных режимов. Минимальные значения энергозатрат на рабочем режиме и наименьшие значения суммарных эксплуатационных затрат обеспечиваются в диапазоне значений нагрузочного режима работы трактора  $\lambda_p^* = 0,85-1,07$ . На повышенных передачах значения нагрузочных режимов  $\lambda_p^*$  заметно смещаются в зону максимальной силы тяги  $P_{кр max}$  ( $\lambda_p > 1,0$ ). Это смещение  $\lambda_p^*$  характерно для почвообрабатывающих операций третьей группы при рабочих скоростях  $V_p^* = 3,3$  м/с. На операциях первой ( $V_p^* = 2,2$  м/с) и второй ( $V_p^* = 2,7$  м/с) групп почвообработки нагрузочные режимы  $\lambda_p^* \leq 1,0$ , т. е. находятся на участке тяговой характеристики трактора между значениями номинальной  $P_{кр н}$  и предельной  $P_{кр п}$  силы тяги, в диапазоне частоты вращения вала двигателя  $2100 \geq n_d \geq 1900$  мин<sup>-1</sup>.

Выводы

1. При переменном характере внешних воздействий значения оптимальных нагрузочных режимов колесного 4К4а трактора находятся в зоне степени загрузки  $\lambda_p^* = 0,97-1,1$ .
2. Оснащение трактора сдвоенными колесами позволяет значительно улучшить параметры тяговой характеристики, например тяговая мощность  $N_{кр}$  увеличивается в среднем на 6 %. Потери мощности в результате воздействия переменной нагрузки для комплектаций 1К и 2К составляют соответственно 6 и 5 %.
3. За счет вариации величины эксплуатационной массы трактора и использования сдвоенных колес можно существенно увеличить эффективность его использования для выполнения различных групп почвообработки.
4. В результате двухкритериальной оптимизации установлено, что оптимальная степень загрузки трактора  $\lambda_p^*$  в среднем составляет 0,98.

## Литература

1. Селиванов Н.И. Эксплуатационные параметры колесных тракторов высокой мощности // Вестн. КрасГАУ. – 2014. – № 3. – С. 176–184.
2. Агеев Л.Е., Бахриев С.Х. Эксплуатация энергонасыщенных тракторов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 271 с.
3. Эвиев В.А. Методология повышения эффективности функционирования тяговых и тягово-приводных агрегатов за счет оптимизации эксплуатационных режимов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – СПб.-Пушкин, 2005. – 32 с.
4. Журавлев С.Ю. Оценка эффективности функционирования мобильных сельскохозяйственных агрегатов с использованием тяговой характеристики трактора // Вестн. КрасГАУ. – 2011. – № 9. – С. 146–151.
5. Селиванов Н.И. Технологическая адаптация колесных тракторов / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2017. – 216 с.
6. Журавлев С.Ю. Многокритериальная оптимизация энергозатрат при использовании машинно-тракторных агрегатов // Техника в сельском хозяйстве. – 2014. – № 2. – С. 26–28.

## Literatura

1. Selivanov N.I. Jekspluatacionnye parametry kole-snyh traktorov vysokoj moshhnosti // Vestn. KrasGAU. – 2014. – № 3. – S. 176–184.
2. Ageev L.E., Bahriev S.H. Jekspluatacija jenergonasyshhennyh traktorov. – M.: Agropromizdat, 1991. – 271 s.
3. Jeviev V.A. Metodologija povyshenija jeffektivnosti funkcionirovanija tjagovyh i tjagovo-privodnyh agregatov za schet optimizacii jekspluatacionnyh rezhimov: avtoref. dis. ... d-ra tehn. nauk. – SPb.-Pushkin, 2005. – 32 s.
4. Zhuravlev S.Ju. Ocenka jeffektivnosti funkcionirovanija mobil'nyh sel'skohozejstvennyh agregatov s ispol'zovaniem tjagovoj harakteristiki traktora // Vestn. KrasGAU. – 2011. – № 9. – S. 146–151.
5. Selivanov N.I. Tehnologicheskaja adaptacija kole-snyh traktorov / Krasnojarsk. gos. agrar. un-t. – Krasnojarsk, 2017. – 216 s.
6. Zhuravlev S.Ju. Mnogokriterial'naja optimizacija jenergozatrat pri ispol'zovanii mashinno-traktornyh agregatov // Tehnika v sel'skom hozjajstve. – 2014. – № 2. – S. 26–28.

УДК 631. 17: 631. 333

**Н.Н. Назаров, В.С. Нестяк,  
Н.С. Яковлев, Г.К. Рассомахин,  
В.В. Маркин, В.В. Черных,  
Т.А. Хлопич**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПОСЕВЕ ЗЕРНОВЫХ**

**N.N. Nazarov, V.S. Nestyak, N.S. Yakovlev, G.K. Rassomakhin,  
V.V. Markin, V.V. Chernykh, T.A. Khlopich**

**DETERMINING THE PRINCIPLE OF OPERATION OF TECHNICAL SYSTEM FOR THE DISTRIBUTION  
OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN SOWN GRAIN CROPS**

**Назаров Н.Н.** – канд. техн. наук, вед. науч. сотр. лаб. обработки почвы и посева зерновых культур Сибирского НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, п. Краснообск. E-mail: sibime-nazarov@yandex.ru

**Нестяк В.С.** – д-р техн. наук, зав. лаб. механизации овощеводства Сибирского НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, п. Краснообск. E-mail: nestyak-vs@yandex.ru

**Nazarov N.N.** – Cand. Techn. Sci., Leading Staff Scientist, Lab. of Processing of Soil and Seeding of Grain Crops, Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification in Agriculture, Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnologies, RAS, Novosibirsk Region, Novosibirsk District, S. Krasnoobsk. E-mail: sibime-nazarov@yandex.ru

**Nestyak V.S.** – Dr. Techn. Sci., Head, Lab. of Vegetable Growing Mechanization, Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification in Agriculture, Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnologies, RAS, Novosibirsk Region, Novosibirsk District, S. Krasnoobsk. E-mail: nestyak-vs@yandex.ru