

2. **Vereshchak Alexander Vasilievich**, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29, Chuvash Republic, Russia; e-mail: vav_2008@mail.ru, tel. 89278517204.

УДК633.791

DOI:

РАСЧЕТ ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ В МЕЖДУРЯДЬЕ ХМЕЛЬНИКА

П. А. Смирнов

*Чувашский государственный аграрный университет
428003, г. Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация: В мировом производстве хмеля не существует единого стандарта строительства хмельника и регламента применения типажа тракторов и шин различных производителей на хмельниках. Производство хмеля отличается по междурядью и шагу посадки, но на высоких шпалерах по площади питания растения существенных различий нет. Хмелеводство выработало оптимальные площади питания в зависимости от плодородия почвы. Но остаются нерешенными вопросы защитной зоны между растением и шиной колеса в междурядье хмельника. Для перспективных технологий выращивания хмеля по полуридам изучаемый параметр наиболее значимый. В работе представлены выражения для расчетов и результаты по используемым традиционным шинам колес на ведущих мостах тракторов. Нами разработана и предложена технология выращивания хмеля с максимальной адаптацией к полной механизации и автоматизации операций. Ширина защитной зоны зависит от величины междурядья, ширины шины ведущих колес, субмеждурядья и колеи трактора. При этом ширина междурядья постоянна и равна 3,33 м, а колея установлена минимальной 1,40 м для тракторов 14 кН и 1,20 м для тракторов 6,0...9,0 кН. Предложены варианты замены шин на более узкие, но с одинаковым посадочным диаметром. Для тракторов тягового класса 14 кН, которые представлены наиболее массово в сельском хозяйстве России, наиболее актуален переход на использование колес с узкими дисками $W8 \times 42$ и шинами $9,5 \times 42$. Указанные колесные комплекты широко распространены на территории Российской Федерации, в частности, для выполнения междурядных операций по выращивании сахарной свеклы и картофеля. Также важным является ширина внедренного субмеждурядья между полуридами хмеля. Наши предложения по ширине субмеждурядья основаны на поточном производстве работ на хмельниках, и это 0,6 и 0,9 м. Приведены обоснованные общие выводы по исследованию.

Ключевые слова: хмель, защитная зона, междурядье, субмеждурядье, хмельник, шина, колея.

Введение. В мировом производстве хмеля не существует единого стандарта строительства хмельника и регламента применения типажа тракторов и шин различных производителей на хмельниках. Однако, как показывает практика, перечисленные технологические и конструктивные параметры оказывают существенное влияние на площадь питания растения и на защитные зоны растения при междурядной обработке [1-3].

Цель исследования – определение в перспективной технологии производства хмеля оптимальных защитных зон между растением и ведущими движителями тракторов и агрегатируемых машин.

Материалы и методы. В таблице 1 приведены основные параметры хмельника: ширина междурядья и шага посадки, в ведущих странах мира и разработанного перспективного в Чувашском государственном аграрном университете, причем они существенно отличаются друг от друга [2, 3, 4, 5, 7, 8, 10]. В качестве критерия в таблицу встроены шестой столбец как результат умножения междурядья и шага посадки, равноценно отражающий площадь питания одного растения. Крайние показатели возрастающего ранжированного ряда площадей питания исследованы посредством метода τ , который показал, что все значения соответствуют ряду и не выскакивают из ряда. Ранжированный ряд следующий:

5,44; 4,16; 3,6; 3,33; 3,0; 3,0; 3,0; 2,83; 2,5; 2,25; 1,5.

Отсюда τ_{\max} и τ_{\min} расчетные значения и в сравнении с табличным $\tau_{\text{табл}}$:

$$\tau_{\max} = \frac{y_{11} - y_{10}}{y_{11} - y_1} = \frac{5,44 - 4,16}{5,44 - 1,5} = 0,325 \leq \tau_{\text{табл}} = 0,45;$$

$$\tau_{\min} = \frac{y_2 - y_1}{y_{11} - y_1} = \frac{2,25 - 1,5}{5,44 - 1,5} = 0,19 \leq \tau_{\text{табл}} = 0,45.$$

В таблице 1 приведены наименьшие показатели площадей питания по Великобритании (1,5-2,25 м²), но они представляют технологию выращивания хмеля на низкой подвеске, на которой, как правило, и площади питания и урожай шишек меньше, чем на высоких шпалерах. Если их исключить из ряда, то схожесть данных улучшится. При среднем значении $y_{\text{ср}}=3,43$ м² и среднем квадратическом отклонении $\sigma=0,2978$ м получен коэффициент вариации $v=8,68\%$. Это значит, что изменчивость площадей питания при разных исходных параметрах незначительная, независимо от ширины междурядья и шага посадки.

По представленным странам и изучению плодородия почв, на которых расположены хмельники, и вносимых минеральных удобрений становится понятно, что меньшие площади питания компенсируются именно последними.

Таблица 1 – Типичные размеры междурядья и шаг посадки хмеля в странах – основных производителях хмеля

Страна	Регион	Схема подвешивания хмеля	Междурядье хмельника, м	Шаг посадки хмеля в ряду, м	Площадь питания одного растения, м ²
Германия	Hellertau	V-образная	3,2	1,3-1,7	4,16-5,44
США	Washington State	V-образная	4,0	0,9	3,6
Чешская Республика	Saaz, Trschitz and Auschf	V-образная	3,0	1,0	3,0
Великобритания	West Midlands and south-east	Низкая подвеска	2,5	0,6-0,9	1,5-2,25
Новая Зеландия	Nelson	V-образная	2,5	1,2	3,0
Россия (традиционная)	Чувашская Республика	V-образная	2,5-3,0	1,0	2,5-3,0
Россия (перспективная)	Чувашская Республика	V-образная или вертикальная	3,33 м в два полурия с субмеждурядьем 0,6 м и междурядьем 2,73 м	полуриях 1,7-2,0 м	2,83-3,33

Результаты исследований и обсуждение. В предыдущих работах проведен подробный анализ площадей хмельника по зонам уплотнения под движителями трактора и сельскохозяйственной машины, интенсивного и не эффективного использования, представленных в виде относительных коэффициентов [6, 9]. Но там не определены защитные зоны растений в междурядье, предельные значения для хмеля нами не установлены.

Для решения задачи изображены рабочие схемы традиционного (рисунок 1) и перспективного хмельника (рисунки 2 и 3), на которых указаны:

- 1) колея трактора по задним колесам (гусенице) b_k ;
- 2) ширина междурядья хмельника b_m ;
- 3) ширина шины заднего колеса (следа) $b_s=0,4$ м, шины 15,5×38 для тракторов МТЗ и ЮМЗ; $b_s = 0,345$ м (ЛТЗ-55, 60, 65); $b_s=0,23$ м (9,5×32: Т-30А, «Агромаш-30ТК»);
- 4) минимальная колея трактора: $b_k=1,40$ м для МТЗ; $b_k=1,20$ м (ЛТЗ, «Агромаш»); 25А; $b_k=1,10$ м (Т-25А; $b_k = 0,98$ м (Т-54В);
- 5) ширина защитной зоны растения b_z ;
- 6) ширина межколесной зоны под трактором $b_{mt}=b_k-b_s$.

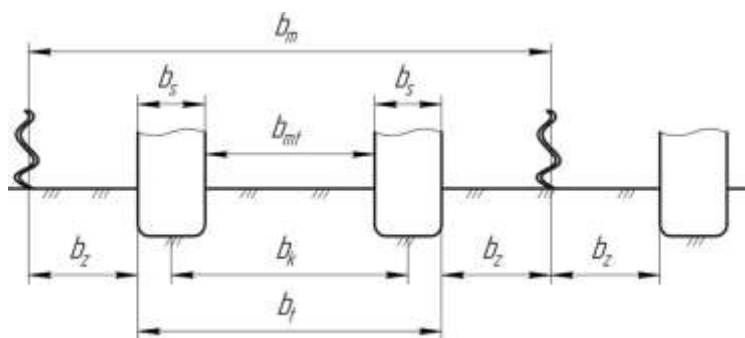


Рис. 1. Схема исходных данных для расчета эффективного использования междурядья в традиционном хмельнике [6, 9]

Для традиционного хмельника справедливы равенства (по рисунку 1):

$$\begin{cases} b_m = 2b_z + 2b_s + b_{mt}; \\ b_m = 2b_z + b_k + b_s; \\ b_k = b_s + b_{mt}. \end{cases} \quad (1)$$

Из системы уравнений получены искомые значения:

$$\begin{cases} 2b_z = b_m - 2b_s - b_{mt}; \\ 2b_z = b_m - b_k - b_s. \end{cases} \quad (2)$$

Очевидно, что второе выражение системы более рационально для решения и защитная зона выражается:

$$b_z = \frac{b_m - b_k - b_s}{2}. \quad (3)$$

Для традиционного хмельника с междурядьем 3,33 м, колее трактора 1,40 м и ширине шин на заднем мосту 0,4 м получено значение ширины защитной зоны 0,765 м.

Нами разработана и предложена технология выращивания хмеля с максимальной адаптацией к полной механизации и автоматизации операций (рисунок 2), на котором ряды хмеля делятся на полуряды с субмеждурядьем b_c (рисунок 3). При этом полуряды свободны от столбов, тем самым исключается группа машин для столбового ряда, и обеспечивается поточная работа на полурядах. Однако при этом защитная зона уменьшается из-за внедрения субмеждурядья. Поэтому задача оптимизации всех факторов, влияющих на величину защитной зоны, весьма актуальная.

Для перспективного хмельника по аналогии с выражениями (1 - 3) можно записать (рисунок 3):

$$b_z = \frac{b_m - b_k - b_s - b_c}{2}. \quad (4)$$

В выражении (4) ширина междурядья b_m не изменяется, ширину колеи b_k выбираем минимальную, но остальные компоненты формулы (ширина шины ведущих колес b_s и ширина субмеждурядья b_c) подлежат исследованию. Например, монтаж вместо штатной шины трактора шину меньшей ширины при совпадении посадочного диаметра. Такие варианты взаимозаменяемости широко применялись еще в советское время при дефиците запасных частей, а тракторные шины входили в категорию дефицитных. По размеру субмеждурядья мы предлагаем два размера – 0,6 и 0,9 м.

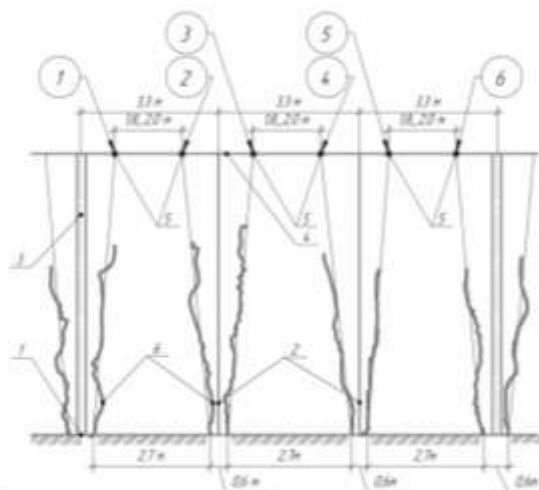


Рис. 2 - Схема размещения хмеля на перспективном хмельнике с междурядьем 2,70 м (фронтальный вид): 1- столбовой ряд; 2 – не столбовой ряд; 3- столбы; 4 и 5- поперечная и продольная шпалеры; 6 – хмель

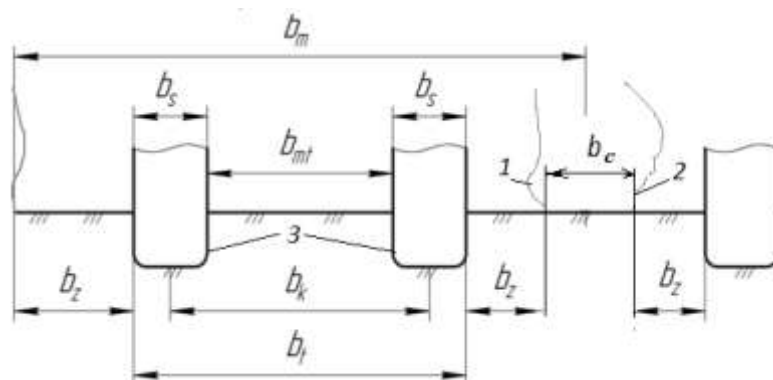


Рис. 3. Схема исходных данных для расчета эффективного использования междурядья: 1 и 2 – полуряды хмеля по перспективной технологии, 3 – технологическая колея трактора [6, 9]

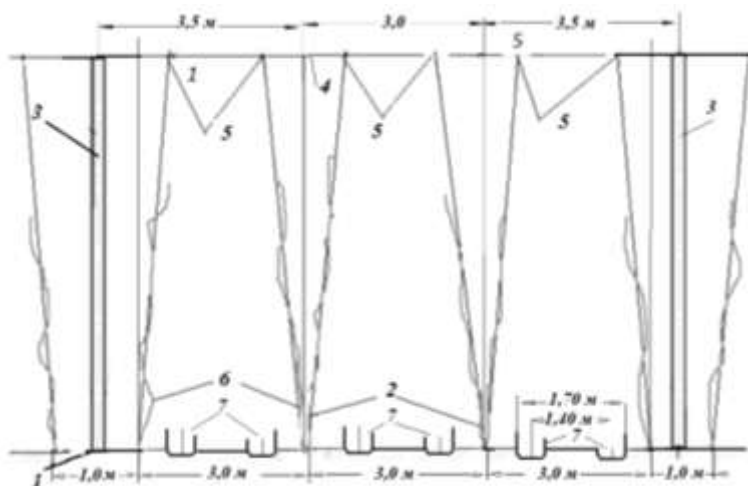


Рис. 4. Схема размещения хмеля при переходном периоде (фронтальный вид) для трактора с шинами 12×38:
1- столбовой ряд; 2 – не столбовой ряд; 3- столбы; 4 и 5- поперечная и продольная шпалеры; 6– хмель;
7 – технологическая колея

К сожалению, для экспериментальных работ с использованием трактора МТЗ-82 мы не нашли сменные колеса с шинами для пропашных операций в междурядье картофеля с дисками W8×42 и шинами 9,5×42. Ширина указанной шины совпадает с размерами шин трактора 9,5×32 Агромаш-30ТК [11].

Для переходного этапа на перспективную технологию выращивания хмеля предложен вариант размещения хмеля, представленный на рисунке 4. Для него расчетное выражение защитной зоны совпадает с формулой (3).

Для перспективного хмельника и хмельника переходного периода, разработанных в Чувашском ГАУ, результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Защитная зона растения в перспективном (с междурядьем 3,33 м) и переходном периодах (междурядье 3,0 м) хмельника (обозначения в тексте)

№ п/п	$b_m, м$	$b_k, м$	$b_s, м$ и типоразмер шин ведущих колес	$b_c, м$	$b_z, м$
1	3,33	1,40	0,40 МТЗ(15,5×38)	0,90	0,315
2	3,33	1,40	0,40 МТЗ(15,5×38)	0,60	0,465
3	3,33	1,40	0,345 ЛТЗ-55, 60. 65 МТЗ(13,6×38)	0,90	0,3425
4	3,33	1,40	0,345 ЛТЗ-55, 60. 65 МТЗ(13,6×38)	0,60	0,4925
5	3,33	1,40	0,3 МТЗ-50 (12×38)	0,90	0,365
6	3,33	1,40	0,3 МТЗ-50 (12×38)	0,60	0,515
7	3,33	1,40	0,28 Т-40АМ (11×38)	0,90	0,375
8	3,33	1,40	0,28 МТЗ-50 (12×38)	0,60	0,525
9	3,33	1,40	0,23 МТЗ-82 (9,5×42)	0,90	0,40
10	3,33	1,40	0,23 МТЗ-82 (9,5×42)	0,60	0,55
11	3,33	1,20	0,23 Т-25А (9,5×32)	0,90	0,50
12	3,33	1,20	0,23 Т-25А (9,5×32)	0,6	0,55
13	3,0	1,40	0,40 МТЗ (15,5×38)	-	0,60
14	3,0	1,40	0,345 ЛТЗ-55, 60, 65 МТЗ(13,6×38)	-	0,6275
15	3,0	1,40	0,30 МТЗ 50 (12×38)	-	0,65
16	3,0	1,40	0,28 Т-40АМ(11×38)	-	0,66
17	3,0	1,40	0,23 Т-25А (9,5×32)	-	0,685
18	3,0	1,20	0,23 Т-25А (9,5×32)	-	0,785

Выводы:

1. Предложенная перспективная технология выращивания хмеля по сравнению с традиционной имеет лучшую освещенность и площади питания отдельного растения, но располагает меньшей защитной зоной для проезда трактора по междурядью.
2. Увеличение ширины защитной зоны возможно уменьшением ширины штатной шины трактора на узкую. Например, для трактора МТЗ-80/82 актуальным представляется использование ведущих колес с дисками W8×42 и шинами 9,5×42. В настоящее время они используются на междурядных работах при выращивании сахарной свеклы. При этом защитная зона максимальная для указанного трактора и сравнима с трактором Агромаш-30ТК (п.п. 9 и 10 таблица 2).
3. Перспективные хмельники с субмеждурядьем 0,6 м наиболее подходят для междурядной обработки трактором тягового класса 14 кН, а с субмеждурядьем 0,9 м – для преимущественного использования трактором 6-9 кН на междурядье.

Литература

1. Александров, Н. А. Агробиологические основы возделывания и производства хмеля и хмелепродуктов в Российской Федерации / Н. А. Александров, А. Р. Рупошев; под редакцией Н. А. Алесандрова. – Москва : Новое время, 2008. – 648 с.
2. Александров, Н. А. Хмель / Н.А. Александров, М. И. Крылова, А. Р. Рупошев. – Москва : Росагропромиздат, 1991. – 128 с.
3. Милоста, Г. М. Агробиологические основы выращивания хмеля в Республике Беларусь : монография / Г. М. Милоста, В. В. Лапа. – Гродно : ГГАУ, 2010. – 286 с.
4. Отчет о выполнении тематического плана-задания на выполнение научно-исследовательских работ по заказу Минсельхоза России за счет средств федерального бюджета в 2018 году на тему: «Разработка энерго-, ресурсосберегающих технологий и машин для повышения эффективности возделывания хмеля» / П. А. Смирнов, Р. В. Андреев, В. П. Мазяров [и др.]. – Чебоксары : ЧГСХА, 2019 г. – 161 с.
5. Перспективная ресурсосберегающая технология производства хмеля : методические рекомендации. – Москва : ФГНУ «Росиформагротех», 2008. – 52 с.
6. Результаты исследования уплотнения движителями тракторов междурядья хмельника / П. А. Смирнов, Н. Н. Пушкаренко, А. П. Акимов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 13, № 2(49). – С. 131-137.
7. Hops a guide for new growers Kevin Dodds / Development Officer – Temperate Fruits NSW Department of Primary industries Kevin Dodds, Development Officer Temperate Fruits // 64 Fitzroy Street TUMUT NSW 2720 Phone 02 6941 1400 <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1676323200&tld=ru&lang=en&name=hops-guide-for-new-growers>
8. Koren, J. Influence of plantation row spacing on quality and yield of hops / Plant, Soil and Environment (Czech Academy of Agricultural Sciences) 53(6), 2007. P. 276-282.
9. Smirnov, P. A. INFLUENCE OF TYPES OF TRACTOR RUNNING GEARS ON THE VALUE OF HOP GARDEN ROW SPACING COMPACTION / Smirnov P.A., Makushev A.E., Kazakov Y.F., / INMATEH - Agricultural Engineering. 2019. Т. 57. № 1. P. 19-28.
10. Václav Rybáček Hop Production, 16 / Developments in Crop Science (Volume 16), Elsevier Science, Amsterdam, 1991. P. 258. ISSN 0378-519X
11. Размеры узких шин для тракторов. – Текст : электронный // Спец-дорожник : [сайт]. – 2023. – . – URL : <https://pro-vnedorozhnik.ru/raboty-v-pole/razmer-kolesa-traktora.html> (дата обращения: 15.02.2023).

Сведения об авторе

Смирнов Петр Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашский государственный аграрный университет; 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29, Чувашская Республика, Россия; e-mail: smirnov_p_a@mail.ru, тел. 8-960-310-19-09.

CALCULATION OF PROTECTIVE ZONE IN ROW SPACING IN THE HOP PLANT

P. A. Smirnov

*Chuvash State Agrarian University
428003, Cheboksary, Russian Federation*

Abstract: *In the world production of hops, there is no single standard for the construction of a hop farm and regulations for the use of types of tractors and tires from different manufacturers in hop farms. Hop production differs in row spacing and planting spacing, but on high trellises there are no significant differences in plant nutrition area.*

Hop growing has developed optimal feeding areas depending on soil fertility. But the issues of the protective zone between the plant and the wheel tire in the row-spacing of the hop plant remain unresolved. For promising technologies for growing hops in semi-rows, the studied parameter is the most significant. The paper presents expressions for calculations and results for the traditional wheel tires used on the driving axles of tractors. We have developed and proposed a technology for growing hops with maximum adaptation to full mechanization and automation of operations. The width of the protective zone depends on the size of the row spacing, the tire width of the driving wheels, the sub row spacing and the tractor track. At the same time, the row spacing is constant and equal to 3.33 m, and the track is set to a minimum of 1.40 m for tractors of 14 kN and 1.20 m for tractors of 6.0 ... 9.0 kN. Options for replacing tires with narrower ones, but with the same bore diameter, are proposed. For tractors with a traction class of 14 kN, which are most widely represented in Russian agriculture, the transition to the use of wheels with narrow W8 × 42 rims and 9.5 × 42 tires is most relevant. These wheel sets are widely used on the territory of the Russian Federation, in particular, for performing inter-row operations for growing sugar beets and potatoes. Also important is the width of the introduced sub-spacing between the hop half-rows. Our proposals for the width of the sub-spacing are based on the flow of work on hop mills, and these are 0.6 and 0.9 m. Substantiated general conclusions from the study are given.

Key words: hop, protective zone, row spacing, sub-aisle, hop plant, tire, track.

References

1. Aleksandrov, N. A. Agrobiologicheskie osnovy vozdel'yvaniya i proizvodstva hmelya i hmeleproduktov v Rossijskoj Federacii / N. A. Aleksandrov, A. R. Ruposhev; pod redakciej N. A. Alesandrova. – Moskva : Novoe vremya, 2008. – 648 s.
2. Aleksandrov, N. A. Hmel' / N.A. Aleksandrov, M. I. Krylova, A. R. Ruposhev. – Moskva : Rosagropromizdat, 1991. – 128 s.
3. Milosta, G. M. Agrobiologicheskie osnovy vyrashchivaniya hmelya v Respublike Belarus' : monografiya / G. M. Milosta, V. V. Lapa. – Grodno : GGAU, 2010. – 286 s.
4. Otchet o vypolnenii tematiceskogo plana-zadaniya na vypolnenie nauchno-issledovatel'skih rabot po zakazu Minsel'hoza Rossii za schet sredstv federal'nogo byudzheta v 2018 godu na temu: «Razrabotka energo-, resursosberegayushchih tekhnologij i mashin dlya povysheniya effektivnosti vozdel'yvaniya hmelya» / P. A. Smirnov, R. V. Andreev, V. P. Mazayarov [i dr.]. – CHEBOKSARY : CHGSKHA, 2019 g. – 161 s.
5. Perspektivnaya resursosberegayushchaya tekhnologiya proizvodstva hmelya : metodicheskie rekomendacii. – Moskva : FGNU «Rosiformagrotekh», 2008. – 52 s.
6. Rezul'taty issledovaniya uplotneniya dvizhitelyami traktorov mezhduryad'ya hmel'nika / P. A. Smirnov, N. N. Pushkarenko, A. P. Akimov [i dr.] // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – T. 13, № 2(49). – S. 131-137.
7. Hops a guide for new growers Kevin Dodds / Development Officer – Temperate Fruits NSW Department of Primary industries Kevin Dodds, Development Officer Temperate Fruits // 64 Fitzroy Street TUMUT NSW 2720 Phone 02 6941 1400 <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1676323200&tld=ru&lang=en&name=hops-guide-for-new-growers>
8. Koren, J. Influence of plantation row spacing on quality and yield of hops / Plant, Soil and Environment (Czech Academy of Agricultural Sciences) 53(6), 2007. R. 276-282.
9. Smirnov, P. A. INFLUENCE OF TYPES OF TRACTOR RUNNING GEARS ON THE VALUE OF HOP GARDEN ROW SPACING COMPACTION / Smirnov P.A., Makushev A.E., Kazakov Y.F., / INMATEH - Agricultural Engineering. 2019. T. 57. № 1. R. 19-28.
10. Václav Rybáček Hop Production, 16 / Developments in Crop Science (Volume 16), Elsevier Science, Amsterdam, 1991. R. 258. ISSN 0378-519X
11. Razmery uzkih shin dlya traktorov. – Tekst : elektronnyj // Spec-dorozhnik : [sajt]. – 2023. – . – URL : <https://pro-vnedorozhniki.ru/raboty-v-pole/razmer-kolesa-traktora.html> (data obrashcheniya: 15.02.2023).

Information about the author

Smirnov Petr Alekseevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29, Chuvash Republic, Russia; e-mail: smirnov_p_a@mail.ru, tel. 8-960-310-19-09.