

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ УПЛОТНЕНИЯ ДВИЖИТЕЛЯМИ ТРАКТОРОВ  
МЕЖДУРЯДЬЯ ХМЕЛЬНИКАСмирнов П.А., Пушкаренко Н.Н., Акимов А.П.,  
Васильев А.О., Андреев Р.В., Юнусов Г.С., Казаков Ю.Ф.

**Реферат.** По экспериментальным исследованиям предложена методика сравнения площадей уплотнения движителями трактора в полевых условиях и в междурядье хмельника, определены зоны неэффективного и интенсивного использования площади междурядья хмельника и приведено решение задачи оптимизации зон междурядья. Приведены результаты экспериментальных исследований плотности сложения почвы на хмельниках при уплотнении гусеничным (ООО «Агрохмель» Вурнарского района Чувашской Республики) и колесным тракторами (КОПХ «Ленинская искра» Ядринского района Чувашской Республики). В первом случае использовался гусеничный трактор Т-54В, во втором - колесный трактор МТЗ-921. Почвы под хмельниками в ООО «Агрохмель» преимущественно темно-серые лесные со средним содержанием гумуса 4,1% на глубине до 0,2 м, в КОПХ «Ленинская искра» – серые лесные с содержанием гумуса 2,9% (на глубине 0,2 м). По результатам выполнения почвенных разрезов на хмельниках Чувашской Республики установлено, что на глубине пахотного слоя 0...0,3 м полностью отсутствуют корни хмеля между следами прохода трактора. Анализы сдвиговой вертикальной деформации под следом колеса трактора и её распространение по глубине показывают, что после трехкратного прохода по одному и тому же следу перемещение слоев почвы практически прекращается, в то же время, в применяемых современных технологиях выращивания хмеля, предусматривается до 12...14 проходов по междурядью. Для улучшения условий выращивания хмеля необходимо количественное уменьшение заблокированной зоны междурядья хмельника. Исследованиями установлено, что плотность сложения почвы действующих хмельников под гусеницами трактора Т-54В больше, чем под колесным трактором МТЗ-921. Приведенные аналитические решения показали, что зона интенсивного использования междурядья хмельника более 60% достигается с применением тракторов Т-54В и Т-25А с наименьшей колесей при посадке хмельника междурядьем 3,33 м.

**Ключевые слова:** движитель, уплотнение почвы, плотность сложения, хмельник, сдвиговая деформация почвы.

**Введение.** Отрицательным фактором решения современных проблем энергосбережения за счет резкого увеличения тяговооруженности тракторов и максимальной шириной захвата машинно-тракторного агрегата (МТА), которая обеспечивается необходимой массой самого трактора, является сильнейшее уплотнение почвы под его движителями. К сожалению, такая тенденция просматривается и в отраслях растениеводства с многократной междурядной обработкой. Высокая энерговооруженность позволяет выполнять уникальные операции по глубокому рыхлению почвы, но на многолетних насаждениях хмельников и садов такая операция не всегда возможна.

**Условия, материалы и методы исследований.** Для сравнения площади уплотнения ходовыми движителями машинно-тракторного агрегата (МТА) по известным константам ширины движителя ( $b_2$  – ширина гусеницы, м;  $b_K$  – ширина заднего колеса, м;  $b_m$  – ширина захвата МТА в полевых условиях;  $b_1, b_2 \dots b_n$  – ширина междурядья хмельников) целесообразно ввести показатель относительной площади уплотнения ходовыми движителями. Допускаем, что основное уплотнение почвы происходит под колесами (гусеницами) трактора, причем за ширину следа берем по ширине заднего, более широкого коле-

са.

Относительная площадь уплотнения определяется:

для гусеничного трактора в междурядье хмельника:

$$v_k = \frac{2b_g}{b_n} 100 \% \quad , \quad (1)$$

для гусеничного трактора в полевых условиях:

$$v_k = \frac{2b_g}{b_m} 100 \% \quad , \quad (2)$$

для колесного трактора в междурядье хмельника:

$$v_k = \frac{2b_k}{b_n} 100 \% \quad , \quad (3)$$

для колесного трактора в полевых условиях:

$$v_k = \frac{2b_k}{b_m} 100 \% \quad . \quad (4)$$

Принятые исходные данные:  $b_K = 0,4$  м (трактор МТЗ-80/82),  $b_g = 0,3$  м (трактор Т-54В), междурядье хмельников  $b_1=2,25$  м,  $b_2$

Таблица 1 – Относительная площадь уплотнения движителями тракторов МТЗ-80/82 и Т-54В в междурядье хмельников различной ширины

Ширина междурядья хмельника, м	Относительная площадь уплотнения междурядья хмельника, %	
	колесами МТЗ-80/82	гусеницами Т-54В
2,25	35,56	26,67
2,5	32,0	24,0
3,3	24,40	18,02

Таблица 2 – Относительная площадь уплотнения движителями тракторов МТЗ-80/82 и Т-54В в полевых условиях

Ширина захвата полевого МТА, м	Относительная площадь уплотнения междурядья хмельника, %	
	колесами МТЗ-80/82, %	гусеницами Т-54В, %
6,0 м (бороновальный агрегат)	13,3	10,0
3,6 м (культиватор КРГ-3,6)	22,2	16,67

Таблица 3 – Сравнение полевых МТА для различных междурядий хмельников по площади уплотнения

Ширина междурядья хмельника, м	Отношение площади уплотнения движителями трактора на междурядье хмельника к площади уплотнения полевого МТА			
	бороновального		культиваторного	
	МТЗ-80/82	Т-54В	МТЗ-80/82	Т-54В
2,25	2,6676	2,67	1,6003	1,5998
2,5	2,4006	2,4	1,4401	1,4397
3,3	1,8184	1,82	1,0909	1,0905

=2,5 м,  $b_3$  - 3,3 м и ширина захвата полевого МТА  $b_m=6,0$  м (бороновальный агрегат),  $b_m=3,6$  м (культиватор КРГ-3,6).

Полученные расчетные данные сведены в таблицы 1-3.

Ввиду ограниченности междурядья хмельника, как и в междурядьях подобных культур (виноградники и садовые культуры), уплотнение почвы движителями тракторов по сравнению с полевыми МТА на базе рассматриваемых тракторов (боронование и культивация) увеличено от 1,1 до 2,67 раза. Следовательно, проблема требует более тщательного изучения и оптимизации.

Экспериментальные исследования проведены на хмельниках ООО «Агрохмель» Вурнарского района Чувашской Республики, где используются преимущественно гусеничные трактора Т-54В, и КОПХ «Ленинская искра» Ядринского района Чувашской Республики, где используются колесные трактора МТЗ-921. Почвы под хмельниками в ООО «Агрохмель» преимущественно темно-серые лесные со средним содержанием гумуса 4,1% на глубине до 0,2 м (с содержанием 2,4...3,1% гумуса), в КОПХ «Ленинская искра» – серые лесные с содержанием гумуса 2,9% на глубине 0,2 м [1, 2].

В целом по Чувашской Республике под хмельниками присутствуют и светло-серые лесные почвы, по механическому составу – среднесуглинистые и тяжелосуглинистые (северные районы Чувашской Республики). По

данным агрохимического анализа, в плодородном слое – 2,1...2,5% гумуса. Средняя глубина плодородного слоя – 23,5...28 см. Реакция почвы – среднекислая. Уклон участков хмельников отсутствует или небольшой, в пределах 1,5...5% [1, 2].

Плотность сложения получена отношением высушенной массы образца почвы цилиндрической формы, полученного вдавливанием пустотелого тонкого цилиндра в почву на глубине 0...30 см, к его объему.

**Анализ и обсуждение результатов исследования.** Результаты, полученные в ходе экспериментов, показывают, что почва на хмельниках, где используются гусеничные трактора, имеет плотность сложения выше, нежели там, где используются колесные трактора. Полученные результаты согласуются с данными изучения влияния движителей тракторов на серую лесную почву при возделывании кукурузы (Западная Сибирь) [3].

В результате обработки экспериментальных данных получены зависимости плотности сложения и влажности почвы от глубины изучаемого слоя в параметрической форме:

для уплотнения гусеницами трактора Т-54В:

$$\begin{cases} \omega_a = -3,435x + 27,05 \\ \gamma = -0,025x^2 + 0,145x + 1,3 \end{cases} \quad (5)$$

для уплотнения колесами трактора МТЗ-921:

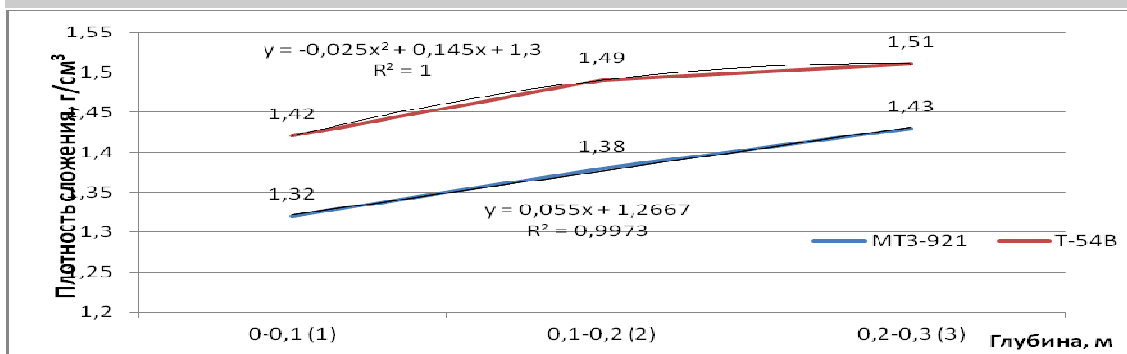


Рисунок 1 – Диаграмма плотности сложения почвы под опорными движителями тракторов (по 27 измерениям)

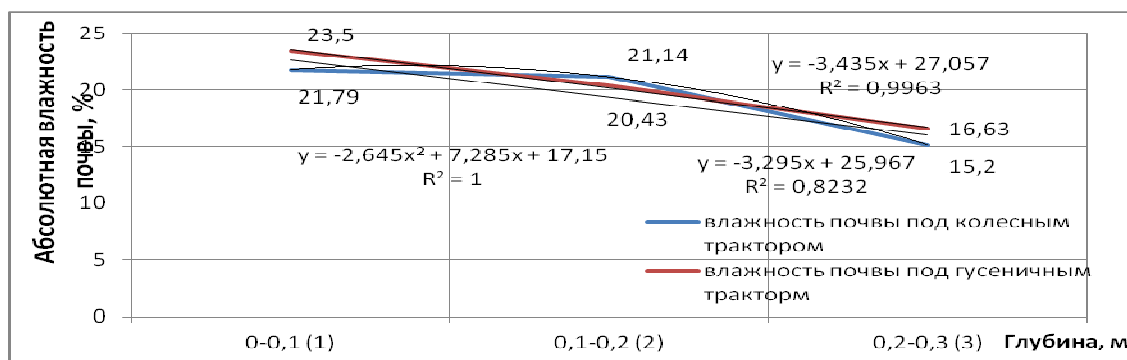


Рисунок 2 – Абсолютная влажность почвы под опорными движителями тракторов на глубине пахотного слоя по (27 измерениям)

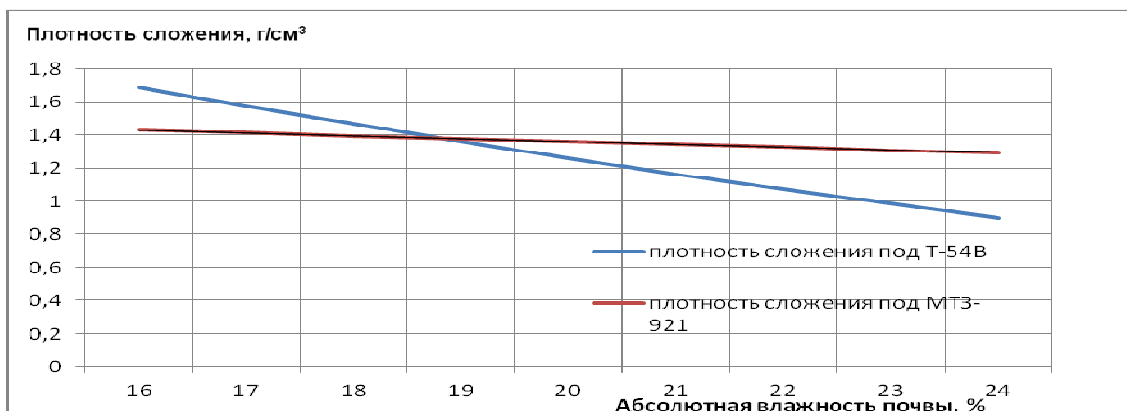


Рисунок 3 – Соотношение плотности сложения и влажности почвы в уплотненной зоне под следом движителя тракторов в междурядье хмельника

$$\begin{cases} \omega_a = -3,292 x + 25,96 \\ \gamma = 0,055 x + 1,266 \end{cases} \quad (6)$$

Решением параметрических уравнений 5 и 6 получены уравнения явного вида: для трактора Т-54В:

$$\gamma = 0,0021 \omega_a^2 - 0,182 \omega_a + 4,06 \quad (7)$$

для трактора МТЗ-921:

$$\gamma = -0,0171 \omega_a + 1,702 \quad (8)$$

Графическое изображение выражений 7 и 8 показано на рисунке 3.

Плотность сложения и влажность почвы находятся в линейной зависимости, причем плотность сложения под следом трактора МТЗ-921 менее подвержено изменению с ростом (или снижением) влажности. Если представить обратную картину содержания влаги от уплотненного состояния почвы, то получаем весьма низкую влагоемкость уплотненной зоны. В случае эксперимента под следами движителей трактора визуальны фиксированы минимальное количество корней хмеля.

На хмельниках отрицательное воздействие движителей энергетических средств распространяется на всю междолейную зону. В ходе

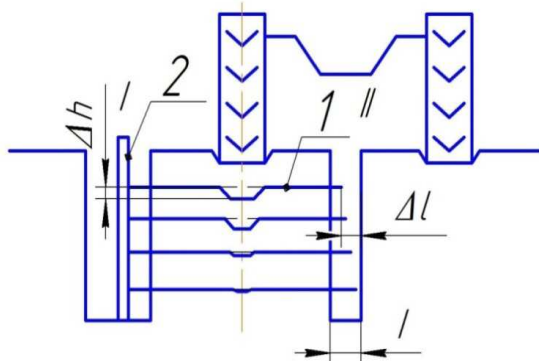


Рисунок 4 – Схема определения деформации почвы (обозначения в тексте)

выполнения почвенных разрезов для снятия почвенных проб (54 измерения) установлено, что на глубине пахотного слоя 0...0,3 м полностью отсутствуют корни хмеля между следами прохода трактора (КОПХ «Ленинская искра») или их незначительное количество (ООО «Агрехмель»).

Наиболее приемлемые теоретические и эмпирические объяснения сдвиговых разрушений в результате уплотнений колесами трактора представлены в работах П.И. Слободюка, В.Ф. Пашенко и Э.Ю. Нугиса [3]. Суть исследования заключается в следующем. Равномерно, по обе стороны колеи трактора, выкапываются две траншеи I и II (рисунок 4) и из первой траншеи в направлении другого прокладывают гибкие стальные ленты размерами сечения 0,2×10 мм. Число гибких элементов выбирается в зависимости от глубины исследования деформации почвы, например, через 0,1 м по вертикали. Для их закладки применяются направляющие втулки круглого сечения диаметром 4...6 мм. Экспериментально обосновано, что при этом естественное сложение почвы на данный момент исследования и её монолитность не изменяется, поскольку диаметр стержня мал по сравнению с шириной стальной ленты.

К концу стержня в углублении II прицепляют конец стальной ленты и протаскивают

через исследуемый фрагмент почвы в траншее I. Концы лент в траншее I жестко закрепляются в специальном зажиме 2, противоположные концы в траншее II находятся в свободном состоянии.

После прохода машинно-тракторного агрегата выполняется поперечный почвенный разрез на вертикали закладки стальных лент и определяется величина деформации  $\Delta h$  на каждой ленте. Также измеряется уменьшение длины  $\Delta l$  свободного конца ленты в траншее II и по этому сокращению определяют величину деформации почвы под следом движителя.

Таким образом, установлено, что под действием вертикальных нагрузок значительно большие деформации получают верхние слои почвы. Отмечается, что по мере заглубления деформации уменьшаются. Однако, характер изгиба стальных лент остается одинаковым для всех исследуемых слоев (рисунок 4).

По данным представленного выше эксперимента нами построены следующие диаграммы, характеризующие вертикальные сдвиговые процессы по обе стороны колеи движителя (рисунок 5).

Анализ сдвиговой вертикальной деформации по следу колеса и её распространение по глубине (рисунок 5) показывает, что после трехкратного прохода по одному и тому же следу перемещение слоев почвы практически прекращается. В то же время, в применяемых современных технологиях выращивания хмеля предусмотрено до 12...14 проходов по междурядью [4-8].

Исследованиями Смирнова П.А. и Андреева А.Н. сдвиговых деформаций по уничтожению корней сорной растительности получены аналогичные подтверждающие показатели [9].

Аналогичное отрицательное влияние уплотнений почвы, например, под картофелем изучены в Канаде и обсуждены в научной конференции Atlantic Workshop of the Canadian society of Agronomy, Charlottentown, 15-16 jan, 2003 [10]. Даже наличие небольших участков

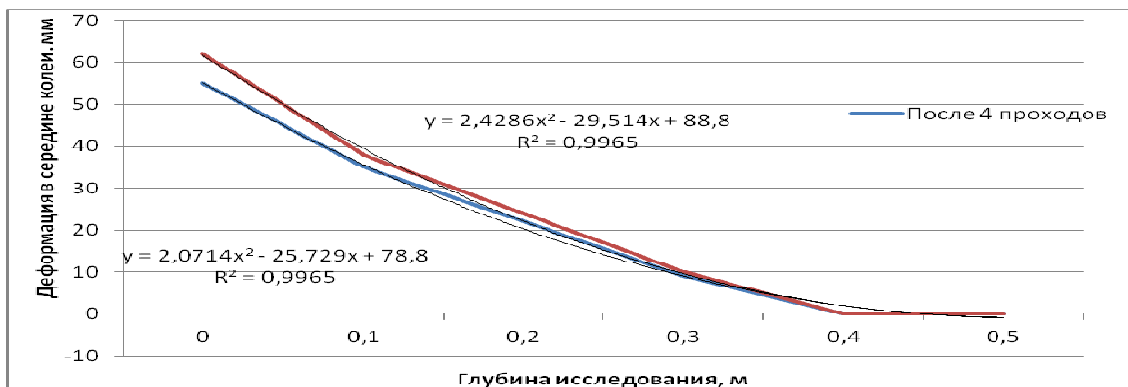


Рисунок 5 – Сдвиговая вертикальная деформация по следу колеса (мм) по глубине, м

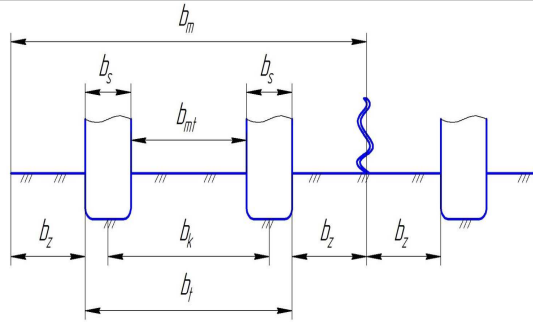


Рисунок 6 – Схема исходных данных для расчета эффективного использования междурядья

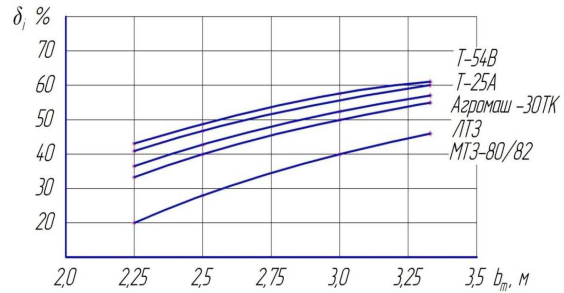


Рисунок 7 – Диаграммы зоны интенсивного использования междурядья хмельников с различной шириной посадки  $b_m$

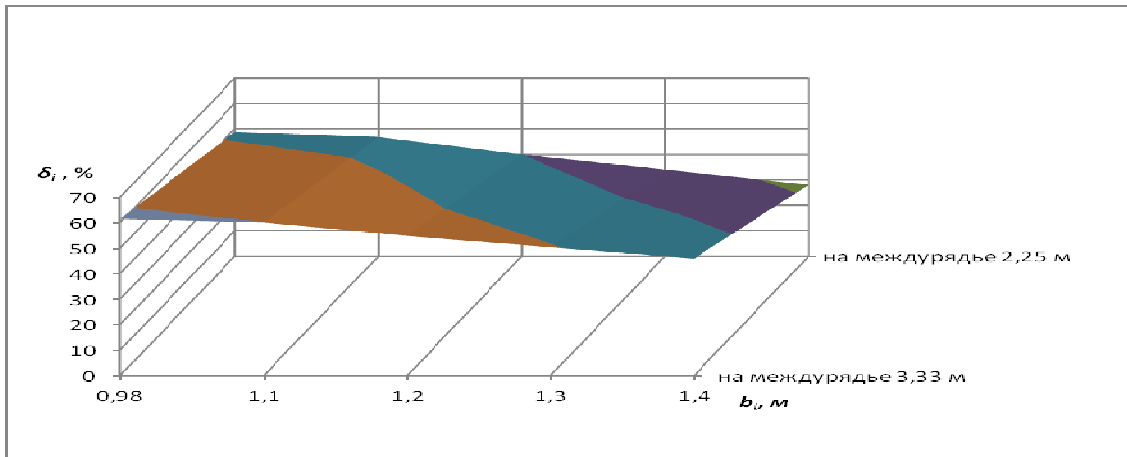


Рисунок 8 – Зависимость зоны интенсивного использования междурядья хмельника  $\delta_i$  от ширины колеи трактора  $b_k$  и междурядья хмельника  $b_m$

уплотнения толщиной 6 см отражалось на росте растений и урожайности культуры.

Исследования Veverka Karel, Krizjva Iva, Palivosa Jana показали прямую зависимость увядания и преждевременного созревания подсолнечника от наличия зон уплотнений в почве [11].

Вышеизложенным объясняется отсутствие каких-либо корней хмеля под следами движителей и в межколеинном пространстве междурядья на глубину пахотного слоя, установленного визуальным наблюдением в ходе отбора проб и почвенных разрезов на хмельниках Чувашской Республики. Учитывая большое количество проходов МТА при традиционной технологии выращивания хмеля (до 14 проходов), а междурядная культивация не обеспечивает достаточной глубины обработки, то в междурядье хмельника уплотненные полосы под следами тракторов постоянны. Соответственно, для улучшения условий выращивания хмеля необходимо количественное уменьшение заблокированной зоны междурядья хмельника. Для решения задачи проведен анализ функции  $\Delta b = f(b_m, b_k)$  (рисунок 6).

В качестве исходных данных выбраны следующие данные (рисунок 6):

ширина трактора по задним колесам (гусенице)  $b_l = b_k + b_s$ ;

ширина междурядья  $b_m = b_l + b_z$ ;

ширина шины заднего колеса (следа)  $b_s = 0,4$  м для тракторов МТЗ и ЮМЗ;

$b_s = 0,3$  м для тракторов ЛТЗ;  $b_s = 0,23$  м для тракторов Т-30А, «Агропаш-30ТК»;

минимальная колея трактора –  $b_k \cdot b_k = 1,4$  м для МТЗ;

$b_k = 1,2$  м для ЛТЗ [5];

$b_k = 1,1$  и  $1,2$  м для Т – 30А, «Агропаш – 30ТК»;

$b_k = 0,98$  м для трактора Т-54В;

ширина защитной зоны растения  $b_z$ ;

ширина межколесной зоны под трактором  $b_{mt}$ .

Расчеты относительных показателей выполняем по выражениям:

уплотненная зона под колесами трактора:

$$\delta_u = 2b_s/b_m \times 100\%; \quad (9)$$

межколесная зона под трактором:

$$\delta_{mt} = b_{mt}/b_m \times 100\%; \quad (10)$$

зона неэффективного использования междурядья:

$$\delta_m = 2b_s + b_{mt}/b_m \times 100\%; \quad (11)$$

зона интенсивного использования междурядья:

$$\delta_i = 2b_z/b_m \times 100\% \quad (12)$$

Здесь справедливо равенство:

$$\delta_m = \delta_u + \delta_{mt} \quad (13)$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 4.

По расчетным данным (таблица 4) построе-

Таблица 4 – Структура зон неэффективного и интенсивного использования междурядья хмеля при его различных параметрах  $b_k$  и  $b_m$

№	Трактор	$\delta_u, \%$	$\delta_{mt}, \%$	$\delta_m, \%$	$\delta_i, \%$	$\delta_u, \%$	$b_{mt}, \%$	$\delta_m, \%$	$\delta_i, \%$
		$b_m = 2,25 \text{ м}$				$b_m = 2,5 \text{ м}$			
1	МТЗ-80/82 $b_k = 1,4 \text{ м}$	35,6	44,4	80	20	32	40	72	28
2	ЛТЗ $b_k = 1,2$	26,7	40	66,7	33,3	24	36	60	40
3	Т-25А $b_k = 1,1 \text{ м}$	20,4	38,7	59,1	40,9	18,4	34,8	53,2	46,8
4	«Агромаш – 30 ТК» $b_k = 1,2 \text{ м}$	20,4	30,2	56,9	36,5	18,4	38,8	57,2	42,8
5	Т-54 В $b_k = 0,98 \text{ м}$	26,7	30,2	56,9	43,1	24	27,2	51,2	48,8
№	Трактор	$\delta_u, \%$	$\delta_{mt}, \%$	$\delta_m, \%$	$\delta_i, \%$	$\delta_u, \%$	$b_{mt}, \%$	$\delta_m, \%$	$\delta_i, \%$
		$b_m = 3,0 \text{ м}$				$b_m = 3,33 \text{ м}$			
1	МТЗ-80/82 $b_k = 1,4 \text{ м}$	26,7	3,33	60	40	24	30	54	46
2	ЛТЗ $b_k = 1,2$	20	30	50	50	18	28	45	35
3	Т-25А $b_k = 1,1 \text{ м}$	15,3	29	44,3	55,7	13,8	26,1	39,9	60,1
4	«Агромаш – 30 ТК» $b_k = 1,2 \text{ м}$	15,3	32,3	47,6	52,4	13,8	29,1	42,9	57,1
5	Т-54 В $b_k = 0,98 \text{ м}$	20	22,7	42,7	57,3	18	20,4	38,4	61,6

ны диаграммы интенсивного использования междурядья хмельников с различной шириной посадки (рисунок 8).

**Выводы.** 1. Предложена методика расчета площадей уплотнения движителями трактора в полевых условиях и в междурядье хмельника. Указанная методика может быть использована также на виноградниках и кустовых ягодниках в садах. Выявлено увеличение площади уплотнения в хмельниках по сравнению с полевыми условиями, прежде всего, из-за ограниченного междурядья.

2. Приведены результаты экспериментальных исследований плотности сложения почвы на хмельниках Чувашской Республики. Пред-

ставлено соотношение плотности сложения почвы и её влажности. Вопреки мнению о малом уплотнении почвы гусеничными тракторами, плотность сложения почвы под гусеницами Т-54В больше по сравнению с колесным трактором МТЗ-921 (рисунок 1).

3. Значение зоны интенсивного использования междурядья хмельника возрастает с выведением перспективных высокоурожайных сортов хмеля. По проведенным аналитическим решениям видно, что зона интенсивного использования междурядья хмельника более 60% достигается с применением тракторов Т-54В и Т-25А с наименьшей колеей при посадке хмельника междурядьем 3,33 м.

#### Литература

1. Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения Чувашской Республики (Информационный бюллетень № 1) – Чебоксары: РИО Чувашской ГСХА, 2005. - 123 с.
2. Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения Чувашской Республики (Информационный бюллетень № 2) – Чебоксары: РИО Чувашской ГСХА, 2005. - 96 с.
3. Переуплотнение пахотных почв: причины, следствия, пути уменьшения / Соавт. А. Г. Бондарев и др. - М.: Наука, 1987. - 215 с.
4. The Barth Report. HOPS 2015/2016. – Nuremberg, July 2016.
5. Современный уровень механизации возделывания хмеля в Чувашской Республике: проблемы и направления развития / В.И. Медведев, Ю.Ф. Казаков, Н.Н. Пушкаренко, П.А. Смирнов, А.О. Васильев // Вестник Международной академии аграрного образования. – 2017. – Выпуск № 37, . – С. 27-31.
6. Технология возделывания хмеля: метод. реком. / Под общей ред. А.А. Фадеева. – п. Опытный: ФГБНУ Чувашский НИИСХ, 2016. – 39 с.
7. Как выращивают и собирают хмель в Баварии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kak-eto-sdelano.livejournal.com/661359.html>, свободный - Загл. с экрана (дата обращения: 28.12.2017).
8. Технология возделывания хмеля [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://biofile.ru/bio/18466.html>, свободный. - Загл. с экрана (дата обращения: 28.12.2017).
9. Смирнов П.А. Некоторые особенности механики разрушения корневой системы сорной растительности/ П.А. Смирнов, А.Н. Андреев//Актуальные вопросы аграрной науки и образования, посвященный 65-летию Ульяновской ГСХА. -Т.1. - Ульяновск, 2008. - С.160-162.
10. Reducing soil compaction after potato plauting: [Atlantic Workshop of the Canadian society of Agronomy, Charlottentown, 15-16 jan, 2003]// Sauderson J.B., Carragher D.// Can. J. Plant Sci.-2003.-83.-№ 3.
11. Soil compacton as the possible cause of wielting and premature ripening of sunflower// Veverka Karel, Krizrjva Iva, Palivoca Jana. Plant Prot. Sci. 2006. 42. -№ 3.

**Сведения об авторах:**

Смирнов Петр Алексеевич – кандидат технических наук, доцент, e-mail: smirnov\_p\_a@mail.ru  
 Пушкаренко Николай Николаевич – кандидат технических наук, e-mail: stl\_mstu@mail.ru  
 Акимов Александр Петрович – доктор технических наук, профессор, e-mail: akimov\_mechfak@mail.ru  
 Васильев Александр Олегович – кандидат технических наук, доцент, e-mail: 3777222@bk.ru  
 Андреев Роман Викторович – кандидат технических наук, доцент, e-mail: rv\_andreev@mail.ru  
 ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары, Россия  
 Юнусов Губейдулла Сибятуллоевич – доктор технических наук, профессор, e-mail: kafmeh@yandex.ru  
 ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», г. Йошкар-Ола, Россия  
 Казаков Юрий Федорович – доктор технических наук, доцент, e-mail: ura.kazakov@mail.ru  
 ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары, Россия

**RESULTS OF INVESTIGATION OF COMPACTION OF HOPS INTERMEDIARY BY MOTORS OF TRACTORS**

**Smirnov P.A., Pushkarenko N.N., Akimov A.P., Vasilev A.O., Andreev R.V., Yunusov G.S., Kazakov Yu.F.**

**Abstract.** Based on experimental studies, a technique was proposed for comparing the areas of compaction by tractor propulsors in field conditions and in the aisle interval, the zones of inefficient and intensive use of the hopper space were determined and the solution of the problem of the optimization of the aisle zones was given. The results of experimental studies of the density of soil composition on hop crops are summarized in caterpillar compaction (LLC "Agrokhemel" of Vournarsky District, Chuvash Republic) and wheeled tractors (КОПК "Leninskaya iskra" of Yadrinsky District, Chuvash Republic). In the first case, the T-54B tracked tractor was used, and in the second - the MTZ-921 wheeled tractor. The soils under the hops in LLC "Agrokhemel" are predominantly dark gray forest soils with an average humus content of 4.1% at a depth of 0.2 m, in КОПК "Leninskaya iskra" - gray forest with a humus content of 2.9% (at a depth of 0, 2 m). According to the results of the implementation of soil sections on the hop-growers of the Chuvash Republic, it has been established that at the depth of the arable layer 0 ... 0.3 m there are no completely hop roots between traces of tractor passage. Analyses of shear vertical deformation under the trail of the tractor's wheel and its propagation along the depth show that after a threefold passage along the same trail, the displacement of soil layers practically ceases, while at the same time, in modern hone-growing technologies, up to 12 ... 14 passes intercoupling. To improve the conditions for growing hops, a quantitative reduction in the blocked zone of the hop-crop intervals is necessary. The study found that the density of the composition of the soil active hop under the tracks of the tractor T-54B is greater than under the wheel tractor MTZ-921. The resulted analytical decisions have shown that the zone of intensive usage of the hop-crop spacing more than 60% is achieved with the use of tractors T-54B and T-25A with the smallest rim when planting the hop sprocket with a spacing of 3.33 m.

**Key words:** propulsor, soil compaction, density, hops, shear deformation of soil.

**References**

1. *Monitoring zemel selskokhozyaystvennogo naznacheniya Chuvashskoy Respubliki* (Informatsionnyy byulleten №1) [Monitoring of agricultural land of the Chuvash Republic (Information Bulletin No.1)]. – Cheboksary, RIO Chuvashskoy GSKhA, 2005. – P. 123.
2. *Monitoring zemel selskokhozyaystvennogo naznacheniya Chuvashskoy Respubliki* (Informatsionnyy byulleten №2) [Monitoring of agricultural land of the Chuvash Republic (Information Bulletin No.2)]. – Cheboksary, RIO Chuvashskoy GSKhA, 2005. – P. 96.
3. *Pereuplotnenie pakhotnykh pochv: prichiny, sledstviya, puti umensheniya*. [Reconsolidation of arable soils: causes, effects, ways to reduce]. / Soavt. A. G. Bondarev i dr. - M.: Nauka, 1987. – P. 215.
4. The Barth Report. HOPS 2015/2016. – Nuremberg, July 2016.
5. Modern level of mechanization of hops cultivation in Chuvash Republic: problems and directions of development. [Sovremennyy uroven mekhanizatsii vozdeliyvaniya khmelya v Chuvashskoy Respublike: problemy i napravleniya razvitiya]. / V.I. Medvedev, Yu.F. Kazakov, N.N. Pushkarenko, P.A. Smirnov, A.O. Vasilev // *Vestnik Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya*. – *The herald of International Academy of Agrarian Education*. Issue №37, 2017. – P. 27-31.
6. *Tekhnologiya vozdeliyvaniya khmelya: metod. rekom.* [Technology of hops cultivation: methodical recommendations]. / Under the general edition of A.A. Fadeev. – p. Opytnyy: FGBNU Chuvashskiy NIISKH, 2016. – P. 39.
7. *Kak vyraschivayut i sobirayut khmel v Bavarii*. (How to grow and collect hops in Bavaria). – Available at: <http://kak-eto-sdelano.livejournal.com/661359.html>, svobodnyy - Zagl. s ekrana (date of access: 28.12.2017).
8. *Tekhnologiya vozdeliyvaniya khmelya*. [Hops cultivation technology]. Available at: <http://biofile.ru/bio/18466.html>, svobodnyy. - Zagl. s ekrana (data obrashcheniya: 28.12.2017).
9. Smirnov P.A. *Nekotorye osobennosti mekhaniki razrusheniya kornevoy sistemy sornoy rastitelnosti*. // *Aktualnye voprosy agrarnoy nauki i obrazovaniya, posvyaschennyy 65-letiyu Ulyanovskoy GSKhA*. (Some features of the destruction mechanics of the root system of weed vegetation. / P.A. Smirnov, A.N. Andreev // Topical issues of agrarian science and education, dedicated to the 65<sup>th</sup> anniversary of Ulyanovsk State Agricultural Academy). - Vol. 1. - Ulyanovsk, 2008. - P. 160-162.
10. Reducing soil compaction after potato plauting: [Atlantic Workshop of the Canadian society of Agronomy, Charlottentown, 15-16 jan, 2003]// Sauderson J.B., Carragher D.// *Can. J. Plant Sci.*-2003.-83.-№ 3.
11. Soil compacton as the possible cause of wielting and premature ripening of sunflower// *Veverka Karel, Krizrjva Iva, Palivoca Jana. Plant Prot. Sci.* 2006. 42. -№ 3.

**Authors:**

Smirnov Petr Alekseevich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor e-mail: smirnov\_p\_a@mail.ru  
 Pushkarenko Nikolay Nikolaevich – Ph.D. of Technical Sciences, Dean of the Engineering Faculty, e-mail: stl\_mstu@mail.ru  
 Akimov Aleksandr Petrovich – Doctor of Technical sciences, Professor, e-mail: akimov\_mechfak@mail.ru  
 Vasiliev Aleksander Olegovich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: 3777222@bk.ru  
 Andreev Roman Viktorovich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: rv\_andreev@mail.ru  
 Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, Russia  
 Yunusov Gubeydulla Sibiatulloevich – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: kafmeh@yandex.ru  
 Mari State University, Yoshkar-Ola, Russia  
 Kazakov Yuriy Fedorovich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: ura.kazakov@mail.ru  
 Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, Russia