

УДК 631.352

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОХОДИМОСТИ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ПРИ РАБОТЕ НА ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ПОЙМЕННЫХ ЛУГАХ

**Ю.И. Томкунас,**

*доцент каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

**В.Н. Кецко,**

*ст. преподаватель каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ*

**Т.М. Чумак,**

*ст. преподаватель каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ*

**В.В. Ярош,**

*инженер каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ*

*В статье представлены результаты исследований проходимости машинно-тракторных агрегатов на переувлажненных пойменных лугах.*

*Ключевые слова: несущая способность, давление, проходимость, технология, шины, трактор, сельскохозяйственные машины.*

*The article presents the results of the studies of cross-country capability of the machine-tractor units on waterlogged bottom land meadows.*

*Keywords: load-carrying ability, pressure, cross-country capability, technology, tires, tractor, agricultural machines.*

### Введение

Важным резервом увеличения заготовки грубых и сочных кормов является продуктивное использование переувлажненных естественных лугов. Площади таких угодий в Республике Беларусь составляют свыше 700 тыс. га [1].

Однако реализацию этих огромных резервов тормозит отсутствие средств механизации с достаточной проходимостью. В результате уборка кормов производится преимущественно вручную, срываются оптимальные сроки скашивания, значительные площади остаются необработанными. Использование же существующей техники, как правило, затруднено и неэффективно из-за недостаточной проходимости машин по причине повышенного буксования и высокого давления колесных движителей на почву. Буксование не только характеризует степень эффективности машинно-тракторных агрегатов, с точки зрения энергетического баланса (потерь мощности, расхода топлива), но и является причиной сдвига и разрушения верхних слоев почвы, создавая условия для развития водной и ветровой эрозии.

Проблема отрицательного воздействия мобильной сельскохозяйственной техники на почву является частью более глобальной экологической проблемы – деградации почвы.

Цель исследования – определение и реализация путей повышения проходимости машинно-трактор-

ных агрегатов путем выбора шин при использовании их на заготовке кормов на переувлажненных пойменных лугах.

### Основная часть

Особенности взаимодействия с почвой ходовых систем сельскохозяйственных мобильных агрегатов вытекают из необычных условий их работы, заключающихся в том, что почва является сложнейшей биологической средой, обладающей бесценным свойством – плодородием. В источнике [2] отмечается, что, если рассматривать почву только как несущее основание, то последствиями этого будут – переуплотнение, разрушение микроструктуры почвы, эрозия, снижение плодородия и урожайности сельскохозяйственных культур.

Давление на почву движителей, выпускаемых в настоящее время машин, значительно превышает несущую способность переувлажненных, как минеральных, так и торфяно-болотных почв. Рекомендации по уменьшению давления на почву, а значит и глубины колеи, вступают в противоречие с требованием по обеспечению тягово-сцепных свойств трактора. Так, уменьшение нагрузки на колесо ведет к уменьшению силы тяги, а увеличение площади контакта колеса с почвой за счет снижения давления воздуха в шине ограничивается ее работоспособностью.

Внедрение различных средств снижения давления движителей на почву и повышение проходимости

машинно-тракторных агрегатов должно определяться, прежде всего, условиями эксплуатации и агротехническими требованиями при выполнении сельскохозяйственных работ.

Использование гусеничных тракторов с их пониженным давлением на почву и более высокими тяговыми показателями позволяет повысить производительность машинно-тракторных агрегатов на переувлажненных лугах. В то же время гусеничные тракторы при буксовании и, особенно при маневрах, значительно повреждают дерновый слой почвы, что ведет к снижению продуктивности сенокосных угодий и перерасходу топлива [3, 7, 9].

Применение различных типоразмеров шин и рисунков протектора дает возможность улучшить тяговые свойства колесных тракторов и снизить уплотнение почвы. Применение широкопрофильных шин 18,4/15-34 и 12,4/11-20 вместо серийных на тракторе МТЗ-82, при работе на торфяно-болотной почве, влажностью 70-80 %, позволяет увеличить тяговую мощность на 20-23 % и снизить давление движителей на почву на 12-14 % [5].

Фактически уплотняющему воздействию движителей сельскохозяйственной техники подвержены все почвы, но особенно – влажные, суглинистого и глинистого механического состава. Деформация почвы зависит от значения внешнего нормального давления, действующего на грунтовое основание, продолжительности, темпа и характера воздействия, а также свойств грунта. Так, например, для кормоуборочного комбайна, в зависимости от состояния почвы и эксплуатационных показателей шин, значения среднего давления изменяются в пределах от 56 до 72 кПа, максимального – от 139 до 217 кПа [5]. Оптимальным состоянием почвы считается такое, когда общая порозность (общий объем пустот) составляет 50-60 % ее объема, а 30 % занято водой, воздухом – 20 %, при этом плотность почвы (зависит от механического состава) находится в пределах от 1,1 до 1,3 г/см<sup>3</sup> [2].

Работа машинно-тракторных агрегатов (МТА) на пойменных лугах с сохранением экологического равновесия может быть обеспечена путем применения

специальных ходовых систем повышенной проходимости. Согласно ГОСТ 26955-86, воздействие движителей на почву [4, 6, 8] необходимо определять не только по среднему, но и максимальному давлению движителей тракторов и сельскохозяйственных машин на почву. Для предотвращения переуплотнения почвы максимальное давление колес и гусениц не должно превышать 80-100 кПа. Максимальное давление движителей современных тракторов и транспортных средств достигает более 300 кПа (табл. 1).

В настоящее время проблема снижения давления на почву и уменьшения вредного воздействия движителей решается путем их модернизации для конкретных условий эксплуатации, с использованием различных методов. Простейшие из них заключаются в поддержании в шинах более низкого давления, при этом увеличивается сжатие шин, уменьшаются затраты энергии на деформирование почвы. Однако чрезмерное снижение давления вызывает ускоренный износ шин и может привести к проворачиванию их относительно обода колеса.

При заготовке сена на пойменных заливных лугах, технологический процесс включает, кроме кошения, дополнительные операции по ворошению валков, а также по формированию и вывозу копен или рулонов сена. Следовательно, приобретает актуальность проблема возможности работы на переувлажненных почвах следующих существующих основных технических средств: косилок, граблей, копнителеев, пресс-подборщиков, копновозов, подборщиков, транспортировщиков тюков (рулонов) и др.

Установлено, что на переувлажненных почвах целесообразно применять ротационные косилки с модернизированной ходовой системой. Для уменьшения силовых воздействий на переувлажненную почву, производители часто применяют листы железа, снабженные прицепным устройством для транспортировки копен, тюков и рулонов пресованного сена к местам скирдования, лыжи, уширители колес различных конструкций и другие приспособления [5].

Эффективно работали при проведении испытаний на заготовке кормов на заливных пойменных лу-

**Таблица 1. Максимальное давление движителей некоторых тракторов и сельскохозяйственных машин на почву**

Обозначение шины	Модель	Давление в шине, кПа	Нагрузка на шину кПа	Максимальное давление на почву, кПа	Тип и марка трактора (сельскохозяйственной машины)
				q <sub>max</sub>	
1	2	3	4	6	7
5-10	В-19А	250	3	250	ГВК – 6А
6-16	Я-225	250	4,5	242	ПРП – 1,6
9-16	Я-324А	250	11	336	2ПТС – 4
12-16	Л-163	200	14	350	ТПР – 20
15,5/65-18	КФ-105А	220	17	260	2ПТС -6
9-20	ВФ-223	120	8,5	244	КПРН – 3,0А
11,2-20	Ф-35	100	8,5	224	МТЗ-82
16R20	Ф-76	100	10	178	Беларус 1221, МТЗ-82
15,5R38	Ф-2А	120	16	180	Беларус-82
16,9R38	Ф-52	120	16	167	Беларус 1221,
18,4R34	Ф-44	120	16	155	Беларус 1221, МТЗ – 82
18,4R38	Ф-111	120	25	175	Беларус 1221,

гах Логойского района агрегаты повышенной проходимости с использованием рисоводческого трактора МТЗ-82Р с увеличенным до 670 мм дорожным просветом под остовом. Установленные широкопрофильные шины (18,4R34, модель Ф-44; 16R20, модель Ф-76) низкого давления со специальным рисунком протектора характеризуются увеличенной высотой почвозацепов (70 мм) и малой насыщенностью протектора. Кроме того, дополнительно, с помощью специальных проставок, спаривались задние колеса трактора.

Для повышения проходимости и снижения давления на почву, на модернизированной косилке КПРН-3,0А устанавливались дополнительные колеса с шинами: 7,5-20, модель В-103; 9-20, модель ВФ-223; 6,5-16, модель Я-275А; 11,2-16, модель Я-358. Кошение травы осуществлялось с одновременным ее плющением и укладкой в валок. Снижение проходимости наблюдалось лишь в отдельных случаях, когда колеса трактора попадали, например, в старое заросшее русло, яму и т.д.

Проведенные авторами исследования показали, что рабочая скорость на закороченных участках составила 0,6-1,05 м/с, коэффициент использования времени смены – 0,6-0,62. На чистых от кочек участках производительность увеличивалась на 15-25%. Движение агрегата осуществлялось круговым способом от периферии к центру. При этом правые сдвоенные колеса трактора идут вдоль травостоя, пропуская скошенный предыдущий валок между колесами (рис. 1). Примятие валка колесами агрегата не отмечалось.

При использовании тракторов на пойменном лугу при относительной влажности почвы 80-85% наиболее целесообразно применять широкопрофиль-

ные и радиальные шины, а также шины низкого давления. Зависимости тяговой мощности и буксования от усилия на крюке тракторов при различной комплектации шинами приведены на рисунке 1. Оптимальный тяговый режим достигнут при тяговом уси-

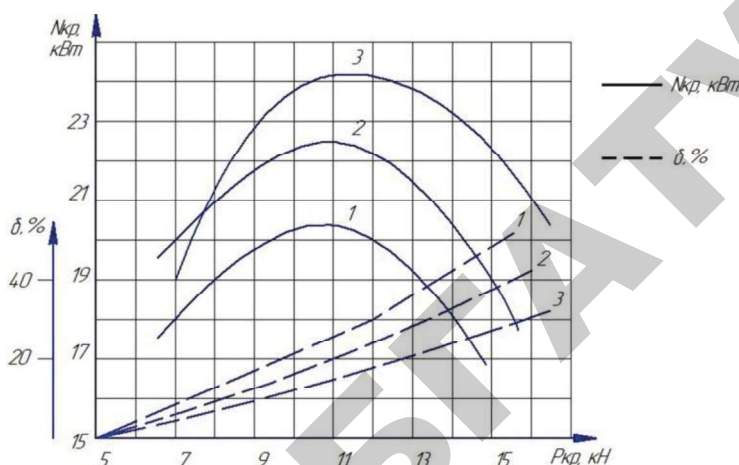


Рис. 1. Сравнительные тяговые показатели тракторов на пойменном лугу: 1 – МТЗ-82 на колесах с шинами 11,2-20 (передние) и 15,5R38 (задние); 2 – МТЗ-102 на колесах с шинами 16R20 (передние) и 16,9R38 (задние); 3 – МТЗ-102 на колесах с шинами 14,9R24 (передние) и 18,4R38 (задние)

лии 10-12 кН, при котором тяговая мощность составила 20,3 кВт; 22,4 кВт и 24,5 кВт, соответственно. С увеличением тягового усилия мощность на крюке значительно падает. Так, при  $P_{кр} = 15$  кН тяговая мощность составляет 16,8 кВт; 19,0 кВт и 22,3 кВт, соответственно.

Результаты проведенных сравнительных эксплуатационных испытаний представлены в таблице 2.

Сравнительными хозяйственными испытаниями

**Таблица 2. Эксплуатационные показатели машинно-тракторных агрегатов повышенной проходимости при кошении трав (площадь – 100 га, урожайность – 2,2 т/га)**

Показатель	Агрегат повышенной проходимости		
	МТЗ-82Р+ КПРН – 3,0А	МТЗ- 82 (со сдвоенными колесами) + КПРН – 3,0А	МТЗ -102 (со сдвоенными колесами ) + КПРН – 3,0 А
Ширина захвата, м	3,0	3,0	3,0
Рабочая скорость, м/с	1,25	1,04	1,67
Коэффициент использования времени смены	0,78	0,62	0,83
Расход топлива при номинальном режиме, кг/ч	15,20	15,20	17,65
Число рабочих дней:			
план	15	15	15
факт	9	13,5	6,5
Продолжительность рабочего дня, ч	10,5	10,5	10,5
Выработка за 1 ч сменного времени, га	1,05	0,7	1,3
Гектарный расход топлива, кг/га	11,5	17,3	9,6
Потребное количество:			
часов	96	148,2	76,9
агрегатов	1	1	1
топлива, кг	1150	1730	960
затраты труда, ч	96,0	142,8	76,9

установлено, что рабочая скорость агрегатов в составе косилок с тракторами МТЗ-82Р составила 1,04 м/с, МТЗ-82 (со сдвоенными колесами) – 1,25 м/с и МТЗ-102 (со сдвоенными колесами) – 1,67 м/с; коэффициенты использования времени смены составил, и соответственно, 0,62; 0,78; 0,83. Следует отметить, что у трактора МТЗ-82 наблюдались остановки из-за наматывания растительной массы на наружный привод переднего ведущего моста и забивания задней навески скошенной зеленой массой. Применение тракторов МТЗ-102 (со сдвоенными колесами) и МТЗ-82Р позволяет значительно улучшить эксплуатационные показатели агрегатов.

Использование трактора МТЗ-102, на котором установлен двигатель Д-260 мощностью 77,2 кВт, позволяет работать на более высоких передачах. Рабочая скорость составила 1,6-2,2 м/с при нагрузке двигателя 85-90 %.

Таким образом, проведенные испытания показывают, что использование агрегатов повышенной проходимости с тракторами МТЗ-82, МТЗ-82Р, МТЗ-102 и модернизированной косилкой КПРН-3,0А позволяет эффективно вести заготовку кормов на переувлажнен-

ных пойменных лугах с учетом требований охраны не только почвы, но и окружающей среды в целом.

Использование агрегатов повышенной проходимости при уборке трав на сено в сравнении с ручной технологией показало высокую эффективность машинной заготовки кормов [7], о чем свидетельствуют данные, приведенные в табл. 3.

Машинная технология заготовки сена позволила снизить суммарные затраты труда с 9594,1 ч при ручной уборке трав на сено до 1168,4 ч (или в пересчете на тонну – с 43,61 ч/т до 5,31 ч/т).

Таким образом, внедрение в сельскохозяйственное производство агрегатов повышенной проходимости позволило сократить сроки уборки трав, уменьшить число занятой в технологических процессах техники, в том числе тракторов и сельскохозяйственных машин, рационально использовать трудовые ресурсы сельского хозяйства, повысить качество заготавливаемых кормов.

### Заключение

1. Проблема снижения отрицательного воздей-

**Таблица 3. Сравнительные данные технологии уборки трав на сено на переувлажненном пойменном лугу**

Наименование работы	Объем работ	Число рабочих дней	Продолжительность рабочего дня, ч	Состав агрегата	Потребное количество		Выработка за смену, га (т)/см	Затраты труда, ч
					Агрегатов/людей	Топлива, кг		
<b>1. Уборка трав на сено (вручную)</b>								
Кошение трав, га	100	15	7	вручную	-/32	0,21	-	3333,3
Сгребание сена, га	100	15	7	вручную	-/13	0,5	-	1400
Ворошение трав, га	100	15	7	вручную	-/5	1,3	-	538,5
Вынос сена с луга, т	220	15	7	вручную	-/20	0,75	-	2053,3
Копнение сена из валков, т	220	15	7	вручную	-/7	2,2	-	700
Подача сена на прицеп, т	220	15	7	вручную	-/5	3,0	-	513,3
Прием и укладка сена, т	220	15	7	вручную	-/3	6,0	740	256,7
Транспортировка, т	220	15	7	Беларус 820+ 2ПТС-6	3/3	5,6	132	275
Стогование сена, т	220	15	7	Беларус 820+ СНУ-550	1/3	14,7		524
<b>Итого затрат труда</b>								<b>9594,1</b>
<b>2. Уборка трав на сено с использованием МТА повышенной проходимости</b>								
Кошение трав, га	100	15/8	10,5	МТЗ-102+ КПРН – 3,0А	9,1	1/1	960	76,9
Ворошение, га	100	15/11	7	Т-30 ГВР-630	9,4	1/1	190	74,5
Сгребание, га	100	15/11	7	Т-30+ГВР	9,1	1/1	230	76,9
Прессование с погрузкой в транспорт, т	220	15/15	7	МТЗ-82+ ПРФ-145-Ш	14,8	1/3	605	312,2
Транспортировка, т	220	15/15	7	МТЗ-82 + 2ПТС-6	7,4	2/2	730	208,1
Укладка тюков в хранилище, т	220	15/15	7	МТЗ-82 + ПКУ-0,8	14,7	1/3	132	324,3
<b>Итого затрат труда</b>								<b>1168,4</b>

ствия мобильной сельскохозяйственной техники на почву является составной частью экологической проблемы и должна решаться с учетом требований охраны не только почвы, но и окружающей среды в целом. Давление ходовых систем на почву при заготовке кормов на переувлажняющих пойменных лугах в 3-5 раз превышает допустимые значения. Для снижения силовых воздействий существующих машин на переувлажненную почву, необходимо использовать широкопрофильные шины, шины низкого давления и другие приспособления. При кошении трав на небольших участках пойменных лугов, следует использовать ротационные косилки КПРН-3,0А (или КПП-3,1) с модернизированной ходовой системой.

2. Исследования, проведенные на пойменном лугу, показали эффективность использования трактора МТЗ-102 на колесах с шинами 14,9R24 (передние) и 18,4R38 (задние), которые позволяют получить тяговую мощность – 24,5 кВт, что больше тяговой мощности этого же трактора на колесах с шинами 16R20 (передние) и 16,9R38 (задние) на 21 %, при снижении буксования с 25 до 17 %.

3. Сравнительными хозяйственными испытаниями установлено, что рабочая скорость агрегатов в составе косилок с тракторами МТЗ-82 (со сдвоенными колесами) составила – 1,25 м/с и МТЗ-102 (со сдвоенными колесами) – 1,67 м/с, что выше в сравнении с МТЗ-82Р на 20,1 и 60,6 % соответственно.

4. Внедрение механизированной заготовки сена на переувлажненных пойменных лугах при использовании существующих машин с модернизированной ходовой системой в условиях Республики Беларусь позволило снизить затраты труда на единицу продукции с 43,61 до 5,31 ч/т.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Национальный стат. комитет Респ. Беларусь. – Мн., 2011. – 283 с.
2. Ксеневиц, И.П. Ходовая система – почва – урожай / И.П. Ксеневиц, В.А. Скотников, М.И. Ляско. – М.: Агропромиздат, 1988. – 304 с.
3. Томкунас, Ю.И. Взаимодействие колес трактора тягового класса 1,4 с торфяно-болотной почвой / Ю.И. Томкунас, Л.Ф. Баранец // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1987. – № 9. – С. 12-15.
4. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву: ГОСТ 26955-86. – Введ. 01.01.1987 – М.: Изд-во стандартов.
5. Механизация заготовки кормов на пойменных лугах: информ. листок № 279 / П.Н. Степанюк [и др.] / БелНИИНТИ. – Мн., 1986. – 45 с.
6. Гедроить, Г.И. Допустимый уровень воздействия ходовых систем сельскохозяйственной техники на почву / Г.И. Гедроить, Ю.И. Томкунас, Д.А. Чечеткин // Агропанорама. – 2012. – № 6. – С. 10-15.
7. Воздействие ходовых систем мобильных агрегатов на почву и экологию лугов, пастбищ, озимых / А.И. Бобровник [и др.] // Агропанорама. – 2014. – № 3. – С. 14-18.
8. Ревечко, В.Ю. Методы оценки площади контакта колесных движителей с опорным основанием / В.Ю. Ревечко, З.А. Годжаев, В.А. Русанов // Тракторы и сельхозмашины. – 2019. – № 5. – С. 48-54.
9. Бондарева, Г.И. Воздействие колесного движителя на переувлажненную почву / Г.И. Бондарева, Б.Н. Орлов // Сельский механизатор. – 2018. – № 11. – С. 4-5.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 05.11.2019

**“Агропанорама” - научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. Это издание для тех, кто стремится донести результаты своих исследований до широкого круга читателей, кого интересуют новые технологии, кто обладает практическим опытом решения задач.**

**Журнал “Агропанорама” включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным наукам (зоотехния).**

**Журнал выходит один раз в два месяца, распространяется по подписке и в розницу в киоске БГАТУ. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842.**

**Стоимость подписки на 1-е полугодие 2020 года: для индивидуальных подписчиков - 21,06 руб., ведомственная подписка - 24,51 руб.**