

ОБЪЕМЫ РАБОТ И УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Г.И. Гедроить,

зав. каф. тракторов и автомобилей БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

С.В. Занемонский,

ст. преподаватель каф. тракторов и автомобилей БГАТУ

В статье представлены результаты исследований по определению объемов перевозки грузов и условий эксплуатации транспортных средств в сельскохозяйственных предприятиях Республики Беларусь.

Ключевые слова: транспортировка, прицеп, сельскохозяйственные угодья, почва, груз, влажность почвы, коэффициент объемного смятия, несущая способность.

The results of studies determining the volume of goods transportation and the operating conditions of vehicles at agricultural enterprises of the Republic of Belarus are presented in the article.

Key words: transportation, trailer, agricultural land, soil, cargo, soil moisture, volumetric crushing coefficient, bearing capacity.

Введение

Особенностью сельскохозяйственных перевозок является широкая номенклатура перевозимых грузов и изменчивость их свойств от влажности, температуры и продолжительности транспортировки, сезонность (большинство грузов перевозят в период уборки урожая), многократность, использование транспортно-технологических машин, которые помимо транспортировки грузов выполняют технологические операции (внесение минеральных и органических удобрений, транспортировка и раздача кормов и др.).

От своевременного и правильного выполнения транспортных работ зависит качество продукции, потери при перевозке и перегрузке, а также работа машин, являющихся составной частью производственного процесса (почвообрабатывающих, посевных, уборочных, по уходу за посевами и других).

Транспортные работы в сельскохозяйственном производстве выполняются в различных условиях: по асфальтным, сухим и размокшим грунтовым или полевым дорогам, на почвах с различной влажностью и несущей способностью.

Совершенствование конструкции транспортных средств, повышение их технико-эксплуатационных показателей, оптимизация параметров ходовых систем и грузоподъемность определяются условиями эксплуатации и уровнем развития машиностроения.

Исследованию процесса взаимодействия ходовых систем машин с опорным основанием посвящены труды В.В. Кацыгина, В.В. Гуськова, В.А. Скотникова, Я.С. Агейкина, В.А. Русанова, М.И. Ляско, В.П. Бойкова, А.Н. Орды и др. [1, 2].

Анализ показывает, что в данных работах преимущественно уделяется внимание взаимодействию движителей с деформируемым опорным основанием.

Вопросы грузооборота сельскохозяйственных грузов рассматриваются в работах В.Д. Лабодаева, Ю.В. Перчаткина, Н.В. Бышова, И.А. Успенского, И.А. Юхина [3, 4], основное внимание в которых уделяется анализу эксплуатационных показателей.

Цель настоящей работы – оценить объемы работ по транспортировке основных сельскохозяйственных грузов и спрогнозировать почвенные фоны и их характеристики для работы транспортных средств.

Основная часть

По своим природно-климатическим условиям территория Республики Беларусь разделена на четыре почвенно-климатические области – северную, центральную, южную и новую. При всем разнообразии по типам почвообразования на пашне преобладают дерново-подзолистые почвы, на долю которых приходится более 88 % сельхозугодий (табл. 1) [5].

Сельскохозяйственное производство характеризуется большими объемами перевозимых грузов, основную долю которых составляет продукция растениеводства, животноводства, а также грузы, необходимые для осуществления сельскохозяйственного производства: дизельное топливо, минеральные и органические удобрения, строительные материалы и т.д.

Валовые сборы основных сельскохозяйственных культур, объем производства основных продуктов животноводства, кормов и удобрений представлены в таблице 2 [6].

Наиболее значительные объемы перевозок приходятся на органические удобрения, зерно, кукурузу на корм, молоко, свеклу, травы, солому, сено. Для последних позиций характерен увеличенный объем из-за невысокой плотности [3]. Общий объем перевозок основных грузов в 2015 г. составил 101 тыс. т, в 2019 г. – 104 тыс. т.

Таблица 1. Распределение почв пашни и сельхозугодий по типам почвообразования, %

Области	Угодья	Дерново-карбонатные	Дерново-подзолистые	Дерново-подзолистые заболоченные	Дерновые заболоченные	Пойменные дерновые	Торфяно-болотные	Антропогенно преобразованные
Брестская	пашня	0,1	32,5	34,3	19,2	1,4	10,7	1,8
	с/х угодья	0,1	20,1	27,4	25,8	5,2	19,0	2,4
Витебская	пашня	0,1	43,1	52,2	2,6	0,3	1,7	–
	с/х угодья	0,1	34,4	50,2	6,7	1,7	6,4	0,5
Гомельская	пашня	0,1	46,0	36,6	6,4	0,7	10,1	0,1
	с/х угодья	0,1	27,7	31,6	12,2	11,2	16,9	0,3
Гродненская	пашня	0,2	71,9	24,1	2,8	0,4	0,6	–
	с/х угодья	0,2	52,2	22,5	12,4	3,4	9,1	0,2
Минская	пашня	–	53,9	32,7	3,9	0,2	8,7	0,6
	с/х угодья	–	39,1	31,5	8,0	2,4	18,0	1,0
Могилевская	пашня	0,1	62,5	35,3	1,0	0,1	0,9	0,1
	с/х угодья	0,1	45,4	35,7	4,7	6,2	7,5	0,4
Республика Беларусь	пашня	0,1	51,7	36,5	5,5	0,5	5,3	0,4
	с/х угодья	0,1	36,2	33,8	11,2	5,0	12,9	0,8

Таблица 2. Объемы перевозок грузов в сельскохозяйственных предприятиях Республики Беларусь, 2015 – 2019 гг. (тыс. т)

Груз	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2019 г. к 2015 г., %	2019 г. к 2018 г., %
Продукция растениеводства							
Зерно	8240	7074	7595	5826	6937	84,2	119,1
Солома пресованная	5719	4846	5347	4014	4939	86,4	123,0
Льноволокно	40	41	42	39	46	115,0	117,9
Свекла сахарная	3240	4188	4862	4699	4806	148,3	102,3
Семена рапса	376	254	589	447	560	148,9	125,3
Картофель	872	796	771	598	653	74,9	109,2
Овощи	252	275	263	228	237	94,0	103,9
Продукция животноводства							
Скот и птица в живом весе	1556	1574	1579	1637	1640	105,4	100,2
Скот и птица в убойном весе	1072	1096	1136	1158	1176	109,7	101,6
Молоко	6638	6764	6984	7028	7105	107,0	101,1
Корма							
Кормовые корнеплоды	20	26	21	16	14	70,0	87,5
Кукуруза на корм	17252	23159	21706	19978	20734	120,2	103,8
Травы на сенаж	2005	2617	2561	2337	2467	123,1	105,6
Сено	1673	2212	2149	1958	1993	119,1	101,8
Удобрения							
Минеральные удобрения	1103	833	816	892	879	79,8	98,6
Органические удобрения	50913	48510	49027	46605	49267	96,8	105,7

За последние пять лет наблюдается уменьшение валового сбора зерна, картофеля, овощей и увеличение производства льноволокна, сахарной свеклы, семян рапса. Валовой сбор зерна в 2019 г. составил 84,2 % в сравнении с 2015 г., рост валового сбора сахарной свеклы за пять лет составил 48,3 %. Наблюдается рост производ-

ства кормов и продукции животноводства. Производство молока за период 2015-2019 гг. возросло на 7 %, скота и птицы в живом весе на 5,4 %.

Тенденцией последних десятилетий является укрупнение сельскохозяйственных предприятий. На основании годовых отчетов предприятий авторами

выполнен анализ структуры землепользования современных сельскохозяйственных предприятий разных районов (табл. 3).

Из данных таблицы 3 видно, что в среднем общая земельная площадь этих предприятий составляет 6799 га, из них 6077 га – сельскохозяйственные угодья. Наибольший удельный вес в структуре земельных угодий занимает пашня – 70,4 %. Также стоит отметить удельный вес сенокосов и пастбищ – 29,3 %, что свидетельствует о важной роли кормовых культур. Это обусловлено необходимостью создания полноценной кормовой базы для собственного животноводства.

Согласно источнику [3], внутрихозяйственные перевозки преимущественно по полевым и грунтовым дорогам достигают 80...85 %. Можно предположить, что указанное авторами расстояние внутрихозяйственных перевозок – 5...7 км, с учетом отмеченной выше тенденции, в современных условиях будет выше.

Автомобильный транспорт используется как на внешнехозяйственных перевозках, осуществляемых на сравнительно большие расстояния (до 30 км) по благоустроенным асфальтным дорогам общего назначения, так и для вывозки сельскохозяйственных грузов с полей, от уборочных машин к местам переработки и хранения.

В Российской Федерации на сельскохозяйственные перевозки приходится до 14 % от общих затрат на сельскохозяйственное производство, из них на тракторный транспорт приходится 22...27 %. В европейских странах доля тракторного транспорта в перевозке сельскохозяйственных грузов достигает 55...95 %, в Чехии – 55 %, Венгрии – 77 %, Германии – 80,5 %, Норвегии – 95 % [4].

При выполнении внутрихозяйственных перевозок основным является тракторный транспорт, как обладающий лучшей проходимостью по грунтовым и полевым дорогам (особенно в тяжелых погодных условиях) и меньшим уровнем воздействия на почву [1; 7]. Большое разнообразие сельскохозяйственных грузов обуславливает широкую номенклатуру прицепных машин к тракторам (прицепов, машин для внесения твердых и жидких удобрений, транспортировщиков рулонов и др.).

В ходе исследования выполнен анализ состава средств, используемых для перевозки грузов на ука-

занных выше предприятиях (табл. 4).

Машинно-тракторный парк рассмотренных предприятий в среднем содержит 41 сельскохозяйственный трактор, что в 2,5 раза выше, чем количество грузовых автомобилей – 16. Количество тракторных прицепов в 3,25 раза больше автомобильных прицепов – 26 и 8 прицепов соответственно. Однако суммарная грузоподъемность тракторных прицепов и автопоездов различается незначительно – 215 и 207 т соответственно.

Сравнительный анализ средней грузоподъемности, а также суммарной грузоподъемности на 1000 га сельхозугодий показывает (табл. 5), что данные показатели для тракторных прицепов и автопоездов отличаются незначительно. Вместе с тем грузоподъемность на 100 кВт мощности двигателей для автопоездов в 1,76 раз выше, чем для тракторных поездов. Возможно, это связано с использованием у автомобилей объема своего кузова (емкости) и прицепа.

Незначительная разница средней грузоподъемности тракторных и автопоездов объясняется тем, что парк тракторных прицепов представлен в основном моделями грузоподъемностью 4...9 т (2ПТС-4; 2ПТС-4,5; ПСТ-6; ПСТ-9), а парк грузовых автомобилей – самосвалами МА3-555102; МА3-5516; МА3-6517 и их модификациями грузоподъемностью 9,7...21 т. Показатели тракторных поездов возрастают благодаря наличию специальных прицепов большой грузоподъемности (ПС-45, ПС-60А).

Приведенные выше сведения о составе, объемах сельскохозяйственных грузов и номенклатуре средств для их осуществления являются основой для выбора почвенных фонов эксплуатации транспортных средств. Соответственно, это определяет грузоподъемность последних и конструкцию их ходовых систем.

В таблице 6 приведен предполагаемый состав агрегатов для выполнения перевозки основных сельскохозяйственных грузов, а также значения влажности W , несущей способности σ_0 и коэффициента объемного смятия k почвы для типичных условий с учетом почвенных фонов, рассмотренных выше предприятий [8]. Приведенные значения параметров почвы следует использовать при выполнении аналитических исследований по обоснованию параметров транспортных средств.

Таблица 3. Структура землепользования сельскохозяйственных предприятий

Сельскохозяйственное предприятие	Общая земельная площадь, га	Сельскохозяйственные угодья, га			
		Всего	Пашня	Сенокосы	Пастбища
ОАО «Агро-Оберег» Пуховичского района	8047	7260	5563	1032	656
ОАО «Гастелловское» Минского района	3925	3391	3012	257	122
ОАО «Октябрьский-Агро» Октябрьского района	5049	4236	2720	510	1002
Филиал «Подсобное хозяйство «Наша Нива»	9522	8924	6155	2395	307
ОАО «Слуцкий мясокомбинат» Слуцкого района	6205	5748	4528	300	864
ОАО «Подлесье-2003» Слуцкого района	7438	6978	5420	1058	446
Филиал «Лошница» ОАО «Борисовский мясокомбинат» Борисовского района	8506	7266	5454	1412	400
ОАО «Валище» Пинского района	9684	8298	4597	948	2733
ОАО «ЖорновкаАГРО» Осиповичского района	5102	4511	3026	745	735
ОАО «Святая Воля» Ивацевичского района	4507	4159	2288	1120	751
В среднем по предприятиям	6799	6077	4276	978	802

Таблица 4. Оснащенность сельскохозяйственных предприятий транспортными средствами

Сельскохозяйственное предприятие	Тракторы, шт.	Тракторные прицепы, шт.	Грузовые автомобили, шт.	Автомобильные прицепы, шт.	Суммарная мощность двигателей, кВт		Суммарная грузоподъемность, т	
					Тракторов	Грузовых автомобилей	Тракторных поездов	Автопоездов
ОАО «Агро-Оберег» Пуховичского района	36	22	8	7	3976	1280	187	143
ОАО «Гастелловское» Минского района	46	30	19	7	4594	3179	264	248
ОАО «Октябрьский-Агро» Октябрьского района	15	10	7	5	1593	1110	92	91
Филиал «Подсобное хозяйство «Наша Нива» ОАО «Слуцкий мясокомбинат» Слуцкого района	55	34	16	6	4863	2144	260	185
ОАО «Скабин» Копыльского района	38	29	17	6	4049	2286	197	182
ОАО «Подлесье-2003» Слуцкого района	68	48	26	16	6225	3910	365	343
Филиал «Лошница» ОАО «Борисовский мясокомбинат» Борисовского района	31	19	12	8	4857	1986	204	226
ОАО «Валище» Пинского района	46	23	25	10	4672	4075	198	323
ОАО «ЖорновкаАГРО» Осиповичского района	37	23	12	5	3402	1406	172	133
ОАО «Святая Воля» Ивацевичского района	33	26	14	7	3237	1786	207	192
В среднем по предприятиям	41	26	16	8	4147	2316	215	207

Таблица 5. Удельные показатели обеспеченности транспортными агрегатами

Сельскохозяйственное предприятие	Средняя грузоподъемность одного тракторного прицепа, т	Средняя грузоподъемность одного автопоезда, т	Грузоподъемность на 100 кВт мощностей двигателей, т/100 кВт		Суммарная грузоподъемность на 1000 га сельхозугодий, т/1000 га	
			Тракторных поездов	Автопоездов	Тракторных поездов	Автопоездов
ОАО «Агро-Оберег» Пуховичского района	8,5	9,5	4,70	11,17	25,76	19,70
ОАО «Гастелловское» Минского района	8,8	9,5	5,75	7,80	77,85	73,13
ОАО «Октябрьский-Агро» Октябрьского района	9,2	7,6	5,78	8,20	21,72	21,48
Филиал «Подсобное хозяйство «Наша Нива» ОАО «Слуцкий мясокомбинат» Слуцкого района	7,6	8,4	5,35	8,63	29,13	20,73
ОАО «Скабин» Копыльского района	6,8	7,9	4,87	7,96	34,27	31,66
ОАО «Подлесье-2003» Слуцкого района	7,6	8,2	5,86	8,77	52,31	49,15
Филиал «Лошница» ОАО «Борисовский мясокомбинат» Борисовского района	10,7	11,3	4,20	11,38	28,08	31,10
ОАО «Валище» Пинского района	8,6	9,2	4,24	7,93	23,86	38,93
ОАО «ЖорновкаАГРО» Осиповичского района	7,5	7,8	5,06	9,46	38,13	29,48
ОАО «Святая Воля» Ивацевичского района	8,0	9,1	6,39	10,75	49,77	46,16
В среднем по предприятиям	8,3	8,9	5,22	9,20	38,09	36,15

Таблица 6. Условия эксплуатации транспортных средств

Перевозимые грузы, с/х операции	Состав агрегата	Условия эксплуатации			
		Почвенный фон	W, %	σ_0 , МПа	$k \cdot 10^7$, /м ³
Зерно	Беларус-82.1+2ПТС-6 Беларус-1523+2ПТС-14 Беларус-3022+ПСТБ-17 Беларус-3522+ПСТ-24 Беларус-3522+Fliegl ASW 391	стерня зерновых:			
		– супесь	11...13	0,81...0,90	6,8...8,2
		– суглинок легкий	12...13	1,43...2,09	11,1...19,9
Свекла, картофель	Беларус-82.1+2ПТС-5 Беларус-1221+ПСТ-9 Беларус-1221+ПСТ-12 Беларус-1523+ПСТ-14 Беларус-3522+Rolland Rollspeed 8844	поле после свеклы, картофеля:			
		– супесь	12...14	0,45...0,66	4,1...6,5
		– суглинок легкий	12...13	0,96...1,16	10,7...17,4
Транспортировка и внесение жидких органических удобрений	Беларус-82.1+МЖТ-Ф-6 Беларус-1523+МЖТ-Ф-11 Беларус-1523+МЖУ-16 Беларус-3022+МЖУ-20 Беларус-3522+Joskin Euroliner 28000	продискованное поле:			
		– супесь	12...14	0,45...0,66	4,1...6,5
		– суглинок тяжелый	12...13	0,95...1,28	7,3...10,6
Транспортировка и внесение твердых органических удобрений	Беларус-82.1+ПРТ-7А Беларус-1221+МТТ-9 Беларус-1523+ПСС-15 Беларус-3022+ПСС-25 Беларус-3022+МТУ-18 Беларус-3522+МТУ-24 Беларус-1523+Pronar 262/2	слежавшаяся пахота:			
		– супесь	12...14	0,45...0,66	4,1...6,5
		– суглинок средний	16...17	0,68...1,09	6,1...10,8
Силос, сенаж, зеленая масса, рулоны и тюки сена, соломы	Беларус-1221+ПС-45 Беларус-3022+ПС-60А Беларус-3022+ПСС-20 Беларус-82.1+ТП-10-1 Беларус-1221+ПТК-10 Беларус-1523+ПТР-12 Беларус-1523+Buhler 4500	стерня трав:			
		– супесь	11...13	0,81...0,90	6,8...8,2
		– суглинок средний	12...14	1,68...2,27	10,7...17,4

Анализ показывает, что в типичных почвенных условиях эксплуатации наиболее вероятно изменение влажности почвы в пределах 11...17 %, несущей способности в пределах 0,45...2,27 МПа, коэффициента объемного смятия почвы в пределах $(4,1...19,9) \cdot 10^7$ Н/м³. Естественно, что погодные условия, механический состав почвы, тип почвообработки будут влиять на значения перечисленных показателей. Однако в предварительных расчетах можно использовать данные таблицы 6. За основу могут быть взяты математические модели [9]. При проведении экспериментов также необходимо учитывать приведенные данные.

Заключение

Тракторный транспорт играет основную роль во внутрихозяйственных перевозках сельскохозяйственных предприятий. Основными видами грузов являются – зерно, корнеплоды, удобрения, кормовые культуры. При обосновании параметров ходовых систем транспортных средств и их грузоподъемности необходимо учитывать энергозатраты на передвижение в полевых и дорожных условиях, уровень воздействия ходовых систем на почву. Установлено, что основными почвенными фонами в полевых условиях явля-

ются стерня зерновых и трав, слежавшаяся пахота. Средние значения несущей способности почв для них составляют 0,45...2,27 МПа, коэффициента объемного смятия $(4,1...19,9) \cdot 10^7$ Н/м³. Аналитические расчеты и эксперименты необходимо выполнять с учетом указанных рекомендаций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Скотников, В.А. Проходимость машин / В.А. Скотников, А.В. Пономарев, А.В. Климанов. – Мн.: Наука и техника, 1982. – 328 с.
2. Русанов, В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения / В.А. Русанов. – М.: ВИМ, 1998. – 368 с.
3. Техническое обеспечение производства продукции растениеводства. Практикум: учеб. пособие / А.В. Новиков [и др.]; под ред. А.В. Новикова. – Минск: БГАТУ, 2011. – 408 с.
4. Перчаткин, Ю.В. Формирование и обеспечение технико-эксплуатационных свойств прицепного состава тракторного транспорта: дисс. ... докт. техн. наук: 05.20.01 / Ю.В. Перчаткин. – Оренбург, 2015. – 410 л.

5. Томкунас, Ю.И. Влияние почвенно-климатических условий на износ шин / Ю.И. Томкунас // Агропанорама. – 2013. – № 3. – С. 2-5.

6. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. – Минск, 2020. – 178 с.

7. Гедроить, Г.И. Уплотнение почв ходовыми системами сельскохозяйственных машин / Г.И. Гедроить // Агропанорама. – 2010. – № 6. – С. 8-12.

8. Гуськов, В.В. Тракторы. Часть II. Теория / В.В. Гуськов. – Минск: Вышэйш. школа, 1977. – 384 с.

9. Гедроить, Г.И. Взаимодействие с почвой многоколесных ходовых систем / Г.И. Гедроить, А.Г. Гедроить, А.Д. Четкин // Агропанорама. – 2012. – № 5. – С. 2-7.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 13.05.2021

УДК 637.116.2

ЗАВИСИМОСТЬ УДЕЛЬНОЙ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА МАШИННОГО ДОЕНИЯ ОТ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДОИЛЬНОГО АППАРАТА

С.Н. Бондарев,

ассистент каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ

А.В. Китун,

профессор каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ, докт. техн. наук, профессор

В статье рассмотрена зависимость удельной энергоемкости процесса машинного доения животного от конструктивных и технологических параметров доильного аппарата.

Ключевые слова: машинное доение, энергоемкость, доильный аппарат, коллектор, расход воздуха, молоко.

The dependence of specific energy consumption of the machine milking process on the design and technological parameters of the milking machine is considered in the article.

Key words: machine milking, energy consumption, milking machine, collector, air consumption, milk.

Введение

Машинное доение – технологический процесс, при котором выдаивание молока из вымени животного осуществляется в подсосковую камеру доильного стакана, с дальнейшей его транспортировкой по молочным шлангам через коллектор в молокопровод. Этот процесс осуществляется за счет вакуумметрического давления, создаваемого вакуумным насосом, привод которого осуществляется от электродвигателя [1-4].

Таким образом, удельная энергоемкость процесса машинного доения животного зависит не только от параметров вакуумного насоса, но и от конструкции и режимов работы доильного аппарата.

При анализе результатов исследований [5-8], направленных на совершенствование доильных аппаратов, было установлено, что проводимые ранее исследования в основном были направлены на усовершенствование конструкции доильного аппарата и оптимизацию его параметров с целью уменьшения травмирующего воздействия на животное при его доении. В то же время важным показателем экономической эффективности являются удельные затраты энергии на процесс машинного доения.

Цель работы – определить зависимость удельной энергоемкости процесса машинного доения животного от конструктивных и технологических параметров доильного аппарата.

Основная часть

Удельную энергоемкость процесса машинного доения животного, в общем виде, определим по известной формуле

$$\mathcal{E}_1 = \frac{N_{\text{д}} t_{\text{д}}}{m_{\text{р}}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{д}}$ – затраты энергии на процесс машинного доения животного, кВт;

$m_{\text{р}}$ – разовый удой молока от животного, т;

$t_{\text{д}}$ – время машинного доения животного, ч.

Процесс машинного доения животного доильным аппаратом осуществляется за счет вакуумметрического давления, создаваемого вакуумным насосом, привод которого осуществляется от электродвигателя. В процессе машинного доения животного (рис. 1) молоко извлекается из соска через канал за счет разности давлений в вымени и подсосковой камере доильного стакана. Далее образуется молоковоздушная