

УДК 631.358:633.521

© Оробинский Д.Ф.

© Шушков Р.А.

## Оптимизация транспортных средств при перевозке льносырья

*Отсутствие отечественного специального транспорта сдерживает применение рулонной технологии в льноводстве. В работе были проанализированы и определены объемы и плечи перевозок льнотресты с полей до льнозаводов в Вологодской области, предложено для транспортировки льняных рулонов несколько перспективных вариантов использования имеющихся в настоящее время в хозяйствах технических средств. Показано их влияние на экономию рабочего времени, топлива, рост производительности труда.*

*Льноводство, рулоны тресты, оптимизация транспортировки.*



**Дмитрий Федорович  
ОРОБИНСКИЙ**

доктор технических наук, профессор ВГМХА им. Н.В. Верещагина  
ic1@mf.molochnoe.ru



**Роман Анатольевич  
ШУШКОВ**

старший преподаватель ВГМХА им. Н.В. Верещагина  
roma970@mail.ru

Универсальность льна заключается в том, что из него в последние годы стали изготавливать новые виды товарной продукции во многих отраслях, начиная с медицины и кончая автомобилестроением. Лен превратился в культуру стратегическую.

Лен-долгунец в Северо-Западном регионе России, на долю которого приходится около 15% всех посевов льна в стране, выращивается в специфических природно-климатических условиях. Они влияют на выбор технологии, системы машин и организацию труда [6].

Выращивание и переработка льна в Вологодской области исторически имеет глубокие корни, большую экономическую и социальную значимость. О доходах крестьян в царской России от возделывания льна можно судить по следующим данным: в Псковской губернии они доходили до 7,5 млн. руб., в Ярославской — около 6 млн. руб., в Тверской — 10,8 млн. руб., в Вологодской — 3,5 млн. руб.

Цена на стланцы Вологодской губернии (вилегодский, лальский, сухонский, брусенецкий, верхолальский) была гораздо

более высокой, чем на псковские и лифляндские моченцы. От продажи льна за рубли российская казна ежегодно получала до 90 млн. руб. золотом [1].

Об экономическом значении льна в 70-е годы XX века для хозяйств Вологодской области начальник областного управления сельского хозяйства Ю.А. Ярушников писал так: «Нет никакой другой отрасли растениеводства, которая была бы столь рентабельна и помогала бы экономически слабым хозяйствам прочно встать на ноги» [3].

Сегодня в лучших и самых дорогих клиниках мира врачи одеты в льняные халаты и чепчики, палаты отделяются льном. Пребывание в таких палатах стоит огромных денег [2].

В работах А.В. Маклахова [4, 5] раскрыта суть пилотного проекта «Развитие льняного комплекса Вологодской области путем межотраслевой и межтерриториальной кооперации». Важное место в проекте занимает оптимизация количества льносеющих хозяйств до 24 к 2014 году и льноперерабатывающих заводов – до 10.

В другой его работе сообщается, что лен стал популярным брендом. Это находит подтверждение в широком использовании льна в медицине, изготовлении одежды, новых тканей, разработанных ОАО «Вологодский текстиль», и позволяет экспортировать данную продукцию за границу.

В «Стратегии машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 г.» указывается, что стоимость парка машин нового поколения может составить около 2,8...3 трлн. рублей, в том числе транспортных средств – 150 млрд. руб. Парк автомобилей сельскохозяйственного назначения должен быть оптимизирован на уровне 750...850 тыс. штук.

В России приоритетное развитие автотранспорта по сравнению с тракторным транспортом объясняется значительным средним радиусом перевозок грузов, а также более низкой себестоимостью автоперевозок. В отечественном сельском хозяйстве имеет место острый дефицит грузовых автомобилей различной грузоподъемности. Серийно выпускаемые грузовики востребованы на селе в небольшом количестве из-за малой приспособленности к условиям эксплуатации. Практически отсутствуют грузовые машины высокой проходимости, пригодные к эксплуатации в условиях бездорожья. Дефицит транспортных средств остро ощущается во всех хозяйствах – от мелких до крупных.

Очевидно, что ни за счет отечественного производства, ни за счет расширения импорта техники нельзя быстро улучшить состояние дел по насыщению агросектора новой современной техникой, способной преодолевать бездорожье, пригодной для эксплуатации в труднодоступных районах, на дорогах общего назначения [7].

При возделывании сельскохозяйственных культур возможно использование различных технологий, приемлемых для конкретного хозяйства. Задача оптимизации заключается в организации такого транспортно-технологического обеспечения, которое позволило бы получать продукцию с наименьшими энергозатратами.

Рулонный метод уборки тресты нашел широкое распространение в льносеющих хозяйствах, так как в технологической цепочке от подъема тресты до ее реализации на льнозавод сокращаются ручные операции. Общие затраты труда на уборке и реализации тресты снижаются в 9,5 раза, а потребность в транспортных средствах – в 2...2,5 раза.

К сожалению, низкая производительность транспортных средств приводит к тому, что рулоны льнотресты нередко

подолгу остаются в поле, попадают под дождь и портятся. Тракторные прицепы различных марок и грузовые машины не совсем приспособлены для перевозки рулонов, так как габариты кузовов обеспечивают низкий коэффициент использования грузоподъемности. Это обстоятельство приводит к значительному росту стоимости перевозки льносырья на льнозаводы, что снижает доходность культуры.

В странах Западной Европы для перевозки рулонов тресты применяются специализированные автопоезда или тракторные крупногабаритные прицепы, в которых рулоны размещаются в три яруса.

Для решения оптимизационной задачи были проанализированы расстояния перевозок льнотресты на льнозаводы Вологодской области, подобраны имеющиеся в хозяйствах технические средства с более высоким коэффициентом загрузки, предложены более эффективные варианты их использования.

Анализ объема и плеча перевозок льнотресты за 2010 – 2011 гг. до ближайшего льнозавода дал следующие результаты: более 90% льносеющих хозяйств области имеют плечо перевозки 33...39 км, у остальных оно составляет 160...200 км. Это означает, что транспортные расходы значительно снижают доходность культуры в этих хозяйствах.

Нами было рассмотрено и предложено несколько перспективных вариантов транспортировки льнотресты до ближайших льнозаводов. Предлагается использовать следующие транспортные средства, имеющиеся на предприятиях области: автомобиль КамАЗ-43118 с прицепом МАЗ-837810, автомобиль МАЗ-6310 с прицепом МАЗ-837810, трактор Fendt-930 с крупногабаритным прицепом, способным обеспечить перевозку тресты.

В связи с этим необходимо обоснование технических средств, обеспечивающих повышение коэффициента использования грузоподъемности, экономичности перевозок, роста производительности труда.

Для обоснования массы перевозимых рулонов воспользуемся средними значениями рулона: высота  $H_p = 0,7...1,1$  м, диаметр рулона  $D_p = 1,2$  м, масса рулона  $q_p = 200...240$  кг.

Количество рулонов, помещаемых в транспортное средство:

$$K_p = \frac{l_n}{D_p} \cdot K_{\text{ряд}} \cdot K_{\text{я}}, \quad (1)$$

где  $l_n$  – длина платформы, м;

$K_{\text{ряд}}$  – количество рядов;

$K_{\text{я}}$  – количество ярусов.

Масса перевозимого груза:

$$M_p = q_p \cdot K_p. \quad (2)$$

Коэффициент использования грузоподъемности определяется из выражения:

$$K_{\text{гр}} = \frac{M_p}{q_n}, \quad (3)$$

где  $q_n$  – паспортная грузоподъемность технического средства, т.

Полученные расчетные данные сведены в *таблицу 1*.

Предложенным техническим средствам требуется дооборудование: установка усиленных передних и боковых стоек, обвязка стоек тросом диаметром 12...14 мм в два ряда.

Анализ данных таблицы показывает, что за счет увеличения ярусов с 2 до 3-х масса перевозимых рулонов увеличится в 1,5 раза, коэффициент использования грузоподъемности автопоездов вырастет с 0,34 до 0,51, а у трактора Fendt-930 с прицепом он будет равен 1,0.

Таблица 1. Основные показатели сравниваемых вариантов перевозки рулонов

Марка транспортного средства	Показатели	Существующий вариант	Предлагаемый вариант
КамАЗ-43118 с прицепом	Количество ярусов	2	3
	Масса рулонов, т	8,8	13,2
	Количество рулонов, шт.	44	66
	Коеф. исп. груз., $K_{гр}$	0,34	0,51
МАЗ-6310 с прицепом	Количество ярусов	2	3
	Масса рулонов, т	9,6	14,4
	Количество рулонов, шт.	48	72
	Коеф. исп. груз., $K_{гр}$	0,34	0,51
Fendt-930 с прицепом	Количество ярусов	2	3
	Масса рулонов, т	8,8	13,2
	Количество рулонов, шт.	44	66
	Коеф. исп. груз., $K_{гр}$	0,67	1,0

Продолжительность рейса ( $T_p$ ) транспортного средства при реализации льно-тресты на льнозавод определяется из выражения:

$$T_p = T_c + T_{уп} + T_3 + T_{гр} + T_{пр} + T_{рз} + T_{ут} + T_{xx} + 2T_B + 2T_д, \quad (4)$$

где  $T_c$  – время на проведение ежедневного ТО, ч;

$T_{уп}$  – время установки приспособлений в рабочее положение, ч;

$T_3$  – время загрузки, ч;

$T_{гр}$  – время движения груженого транспорта, ч;

$T_{пр}$  – время подготовки к разгрузке транспортного средства, ч;

$T_{рз}$  – время разгрузки транспортного средства, ч;

$T_{ут}$  – время укладки приспособлений в транспортное положение, ч;

$T_{xx}$  – время движения холостого хода, ч;

$T_B$  – время взвешивания груза, ч;

$T_д$  – время оформления документов, ч.

Время на проведение ежедневного ТО определяется на основе нормативов, примем  $T_c = 0,24$  ч, оно делится на число рейсов, выполненных за смену.

Зная характеристики погрузчика ПРУ-05/06, определим его производительность, получим  $W_n = 210$  рул./ч. С учетом времени на передвижение примем коэффициент использования времени смены  $K_n = 0,5$ . Тогда  $W_n = 105$  рул./ч.

Время загрузки транспортного средства находится из выражения:

$$T_3 = \frac{K_p}{W_n}. \quad (5)$$

Время движения груженого транспортного средства ( $T_{гр}$ ) и время на обратный путь ( $T_{xx}$ ) определим по формулам:

$$T_{гр} = \frac{S}{v_{гр}}, \quad (6)$$

$$T_{xx} = \frac{S}{v_{xx}}, \quad (7)$$

где  $S$  – плечо перевозки, км;

$v_{гр}$  – скорость движения транспорта в груженом состоянии, км/ч;

$v_{xx}$  – скорость холостого хода, км/ч.

Скорости движения транспортного средства зависят от категории дорог.

Время укладки приспособлений в рабочее и транспортное состояния принято равным, зависит от уровня разработки (ручная, механизированная, автоматизированная) ( $T_{уп} = T_{ут} \cong 0,5$  ч).

Время взвешивания массы рулонов ( $T_{в} \cong 0,25$  ч) зависит от наличия соответствующих весов или времени выборочного взвешивания массы рулона в каждом ярусе ( $T_{вз} \cong 0,15$  ч).

Время оформления документов зависит от организации работы ( $T_{д} \cong 0,5$  ч).

Прямые затраты на перевозку рулонов:

$$Z_{пр} = Z_{п} + A + C_{тр} + C_{то} + C_{гсм} + C_{р}, \quad (8)$$

где  $Z_{п}$  – заработная плата водителя, руб.;

$A$  – амортизация технического средства, руб.;

$C_{тр}$  – затраты на текущий ремонт технического средства, руб.;

$C_{то}$  – затраты на техобслуживание технического средства, руб.;

$C_{гсм}$  – стоимость ГСМ, руб.;

$C_{р}$  – стоимость резины, руб.

Размер заработной платы с доплатами:

$$Z_{п} = t_{ч}^p \cdot T_p + Д, \quad (9)$$

где  $t_{ч}^p$  – часовая тарифная ставка водителя, руб./ч;

$Д$  – суммарные доплаты, руб.

Амортизационные отчисления:

$$A = \frac{C_{пб} \cdot N_A}{\Gamma_{ф}} \cdot T_p, \quad (10)$$

где  $C_{пб}$  – первоначальная балансовая стоимость, руб.;

$N_A$  – норма амортизационных отчислений, %;

$\Gamma_{ф}$  – годовой фонд рабочего времени, ч.

Отчисления на текущий ремонт:

$$C_{тр} = \frac{C_{пб} \cdot N_{тр}}{\Gamma_{ф}} \cdot T_p, \quad (11)$$

где  $N_{тр}$  – норма отчислений на текущий ремонт, %.

Расход топлива за рейс:

$$Q_{т} = \left( N_{п} \cdot \frac{S}{100} + N_{д} \cdot \frac{M_p \cdot S_1}{100} \right) \cdot K_{в}, \quad (12)$$

где  $N_{п}$  – норма расхода топлива на 100 км пробега, л;

$N_{д}$  – норма расхода топлива на 100 ткм, л;

$S_1$  – пробег транспортного средства с грузом, км;

$K_{в}$  – коэффициент увеличения расхода топлива (зависит от срока эксплуатации).

Стоимость топлива:

$$C_{гсм} = Q_{т} \times \Pi_{кт}, \quad (13)$$

где  $\Pi_{кт}$  – цена 1 т комплексного топлива, руб.

Количество льноволокна, перевозимого за один рейс:

$$Q_{лв} = \frac{K_p \cdot q_p}{K_{п}}, \quad (14)$$

где  $K_{п}$  – коэффициент перевода тресты в льноволокно ( $K_{п} = 3,2$ ).

Масса короткого волокна:

$$Q_{лвк} = Q_{лв} \times K_{кв}, \quad (15)$$

Масса длинного волокна:

$$Q_{лвд} = Q_{лв} \times K_{дв}, \quad (16)$$

где  $K_{кв}$ ,  $K_{дв}$  – коэффициенты выхода короткого, длинного волокна.

Стоимость перевезенного груза:

$$C_{гр} = Q_{лв} \times (K_{кв} \times \Pi_{кв} + K_{дв} \times \Pi_{дв}), \quad (17)$$

где  $\Pi_{кв}$ ,  $\Pi_{дв}$  – цена 1 т короткого, длинного волокна, руб.



Стоимость перевозки:

$$C_{\Pi} = S_{\text{ТКМ}} \times S_1 \times M_p, \quad (18)$$

где  $S_{\text{ТКМ}}$  – себестоимость 1 ткм, руб.

Затраты на производство льнотресты:

$$Z_{\text{тр}} = Z_m + A_t + \text{ТР} + C + Y + T_p + \text{ПР}, \quad (19)$$

где  $Z_m$  – заработная плата с начислениями, руб.;

$A$  – амортизация технических средств, руб.;

$\text{ТР}$  – затраты на текущий ремонт и ТО, руб.;

$C$  – стоимость семян, руб.;

$Y$  – стоимость удобрений, руб.;

$T_p$  – транспортные расходы, руб.;

$\text{ПР}$  – прочие расходы, руб.

Определив производственные затраты и затраты на перевозку рулонов, найдем допустимое плечо перевозки, обеспечивающее прибыльность производства льнотресты:

$$S_1 = \frac{Q_{\text{лв}} \cdot (K_{\text{кв}} \cdot C_{\text{кв}} + K_{\text{дв}} \cdot C_{\text{дв}}) - (Z_{\text{пр}} + Z_{\text{тр}})}{K_{\Pi} \cdot S_{\text{ТКМ}}}, \quad (20)$$

На основании формулы (11) определяется размер расхода топлива на одну тонну перевозимого груза в сравниваемых вариантах.

Расход топлива на одну тонну груза в сравниваемых вариантах:

а) в существующем

$$q_c = \frac{Q_{\text{тс}}}{M_{\text{рс}}}, \quad (21)$$

б) в предложенном

$$q_{\Pi} = \frac{Q_{\text{тп}}}{M_{\text{рп}}}, \quad (22)$$

где  $q_c, q_{\Pi}$  – удельный расход горючего в существующем и предложенном вариантах, л/т.

$Q_{\text{тс}}, Q_{\text{тп}}$  – расход топлива в существующем и предложенном вариантах, л;

$M_{\text{рс}}, M_{\text{рп}}$  – масса груза в существующем и предложенном вариантах, т.

Экономия топлива за рейс в предложенном варианте будет равна:

$$\Theta_{\text{ГСМ}} = (q_c - q_{\Pi}) \times M_{\text{рп}}. \quad (23)$$

Производительность труда в сравниваемых вариантах определена из выражений:

$$\text{ПТ}_c = \frac{M_{\text{рс}}}{T_{\text{рс}}}; \quad \text{ПТ}_{\Pi} = \frac{M_{\text{рп}}}{T_{\text{рп}}}, \quad (24)$$

где  $T_{\text{рс}}, T_{\text{рп}}$  – продолжительность рейса в существующем и предложенном вариантах, ч.

Таблица 2. Экономические показатели перевозки рулонов автопоездами

Марка транспортного средства	Показатели	Существующий вариант	Предлагаемый вариант
КамАЗ-43118 с прицепом	Время рейса, ч	4,35	4,75
	Расход топлива за рейс, л	28,46	30,56
	Расход топлива на 1 т груза, л/т	3,70	2,31
	Экономия топлива за рейс, л		18,50
	Производительность труда, т/ч	2,02	2,78
	Рост производительности труда, %		38
МАЗ-6310 с прицепом	Время рейса, ч	4,42	4,77
	Расход топлива за рейс, л	30,31	32,60
	Расход топлива на 1 т груза, л/т	3,16	2,26
	Экономия топлива за рейс, л		12,96
	Производительность труда, т/ч	2,17	4,02
	Рост производительности труда, %		85

Рост производительности труда ( $\gamma$ ):

$$\gamma = \frac{\text{ПТ}_п}{\text{ПТ}_с} \cdot 100\%. \quad (25)$$

Экономические показатели перевозки рулонов автопоездами в составе автомобилей МАЗ и КамАЗ на среднее по области расстояние  $S = 35$  км приведены в *таблице 2*. Перевозка рулонов с исполь-

зованием трактора и крупногабаритного прицепа рациональна только на расстояние 15...20 км.

Таким образом, предложенные более рациональные транспортные средства обеспечивают повышение коэффициента грузоподъемности с 0,34 до 0,51; экономичности рейса для КамАЗа – на 38%, для МАЗа – на 28%.

### Литература

1. Гунина, Т.Л. Экономическое развитие костромского льноводства. История зарождения костромского льноводства и торговля льняной продукцией / Т.Л. Гунина. – Кострома: КГСХА, 2003. – 100 с.
2. Живетин, В.В. Лен и его комплексное использование / В.В. Живетин, Л.Н. Гинзбург, О.М. Ольшанская. – М.: Информ-знание, 2002. – 400 с.
3. За лучший в стране вологодский лен / В.И. Верейкин [и др.]. – Сев.-Зап. кн. изд-во, 1968. – 48 с.
4. Маклахов, А.В. Кластерный подход – основа развития льняного комплекса региона / А.В. Маклахов // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2010. – № 2. – С. 73-81.
5. Маклахов, А.В. Льняной текстиль – резерв роста экономики / А.В. Маклахов // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2010. – № 4. – С. 80-85.
6. Оробинский, Д.Ф. Разработка ресурсосберегающей технологии и технических средств для производства и комплексного использования семян льна-долгунца в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации: дис. ... д-ра техн. наук / Д.Ф. Оробинский. – Санкт-Петербург, 2009. – 280 с.
7. Развитие транспортной инфраструктуры АПК с учетом требований экологии земледелия / А.Ю. Измайлов [и др.] // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – № 1. – С. 19-21.