

Исследование способов погрузки тюков незерновой части урожая

А.С. Дегтяренко

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт ФГБОУ ВО ДОНСКОЙ ГАУ

Аннотация: Это исследование показывает, как можно сократить затраты на транспортировку тюков незерновой части урожая с места их производства – поля, до места хранения и переработки на фермах. Разработанная модель увеличения количества небольших складов позволяет фермерам производить транспортировку круглых тюков в места хранения наиболее эффективным способом. Расчет производился на поле площадью 16 Га, оптимальное расстояние транспортировки тюков 0,8 км.

Ключевые слова: солома, тюк, тюк незерновой части урожая, логистика тюков, транспортировка тюков с поля, доставка тюков, затраты на транспортировку, места хранения тюков, фронтальный погрузчик, самозагружающийся прицеп.

Введение

После уборки зерновой части урожая на поле остается большое количество соломы, которую используют в сельском хозяйстве в течении всего года. Раньше незерновую часть урожая складировали на поле для дальнейшего использования или утилизации, но этот способ потерял свою актуальность из-за больших потерь и высоких затрат на транспортировку соломы. Но даже после сбора незерновой части урожая в тюки, они расположены в произвольном порядке на поле. Эти тюки необходимо агрегировать в штабель на краю поля или в склад, для дальнейшего использования, так как тюки незерновой части урожая, оставленные на поле в течении продолжительного периода времени, повредят растения под ними, в то время как сами тюки потеряют свою целостность и качество [1,2].

Способом уменьшения потерь и легкостью сбора незерновой части урожая стал способ прессования соломы/сена в круглые или прямоугольные тюки. Но даже после сбора незерновой части урожая в тюки, они расположены в произвольном порядке на поле, после чего транспортируются в места хранения, где будут храниться до 12 месяцев. Транспортировка тюков с поля производится по дорогам общего пользования к месту складирования и дальнейшей переработки гранулирования [3], в качестве

твердого биотоплива]. В станице Екатериноградской Кабардино-Балкарской республики транспортировка тюков соломы с поля производится на склады хранения, с которого в свою очередь тюки доставляются до места переработки к конечному потребителю. Для увеличения эффективности возникает вопрос: какое оптимальное расстояние между полем, где производятся тюки соломы, местом хранения и конечным местом переработки тюков соломы. Расчёты помогут фермерам оптимально распределять тюки соломы в местах хранения в зависимости от количества и места переработки. Стоимость тюков определяется как стоимость скашивания массы, погрузки и транспортирования круглых тюков. Неверно построенная логистика тюков с поля до мест хранения увеличивает затраты. Любой экономический процесс, в том числе и процесс сельскохозяйственного производства, представляет собой совокупность непрерывных и многообразных качественных и количественных изменений [5]. Фермеры (переработчики тюков) заинтересованы в более низкой цене на конечный продукт, поэтому также заинтересованы в снижении затрат на транспортирование круглых габаритных тюков с мест хранения до своего производства. Максимальное расстояние транспортировки тюков - 50 км от мест хранения, находящихся на территории станицы Екатериноградской, до конечного потребителя.

Перевозка тюков с поля до мест хранения

Используемый метод транспортировки тюков на исследуемом поле 16 Га, на расстоянии в 0,8 км заключается является трудоемким. Он заключается в перевозке одного тюка на копье установленном на фронтальной погрузчике трактора Беларус-1221, и второго тюка на копье на трехточечной навеске трактора [6]. Тюки располагаются на краю поля в один слой, так чтобы их было удобно в дальнейшем транспортировать. Производительность труда при таком способе низкая.

Второй вариант заключается в использовании фронтального малогабаритного погрузчика с бортовым поворотом [7,8] для загрузки и выгрузки отдельных тюков с поля на прицеп или грузовой автомобиль. В этом варианте тюки выгружаются по отдельности в месте переработки. Этот метод также имеет низкую производительность труда и, следовательно, непрактичен для промышленной эксплуатации.

Теоритический анализ процесса погрузки рулонов и тюков [9] показывает вариант транспортировки тюков, используемый для этого исследования, представляет собой трактор с самозагружающимся прицепом [10] изображенный на рис. 1. Этот прицеп самостоятельно загружает круглые тюки, как показано на рис. 2 диаметром 1-1,5 м и производит самостоятельно разгрузку тюков, как показано на рис. 3.

Параметры прицепа с автоматической погрузкой тюков представлены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры прицепа с автоматической погрузкой

Стоимость прицепа	900 000 рублей
Срок службы	9000 часов
Срок использования в течении года	400 часов в год
Расход топлива на тракторе Беларусь 1221	13,62 литра в час
Расходы на заработную плату, амортизацию	400 рублей в час
Стоимость эксплуатации прицепа	1012,9 рублей в час

Моделирование транспортировки тюков, незерновой части урожая, с поля, позволит определить оптимальное расстояние для транспортировки тюков от поля до мест хранения. Необходимо смоделировать перевозку

тлюков массой 400 кг, расположенных равномерно на поле площадью 16 га; расположение тлюков изображено на рис.4.



Рис.1. - Самозагружающийся прицеп круглых тлюков



Рис. 2. - Загрузка тлюков в прицеп

Изображенная схема распределения тлюков на рис.4 имеет начало системы координат в месте въезда на поле, деления системы координат в метрах.

Средняя урожайность незерновой части урожая на данном поле составила 4 т/Га, таким образом общее количество тлюков на поле составляет 160 штук. За один цикл в самозагружающийся прицеп вмещается 10 круглых тлюков, что потребует 16 циклов для транспортирования всех тлюков.



Рис. 3. – Самостоятельная разгрузка тюков с прицепа

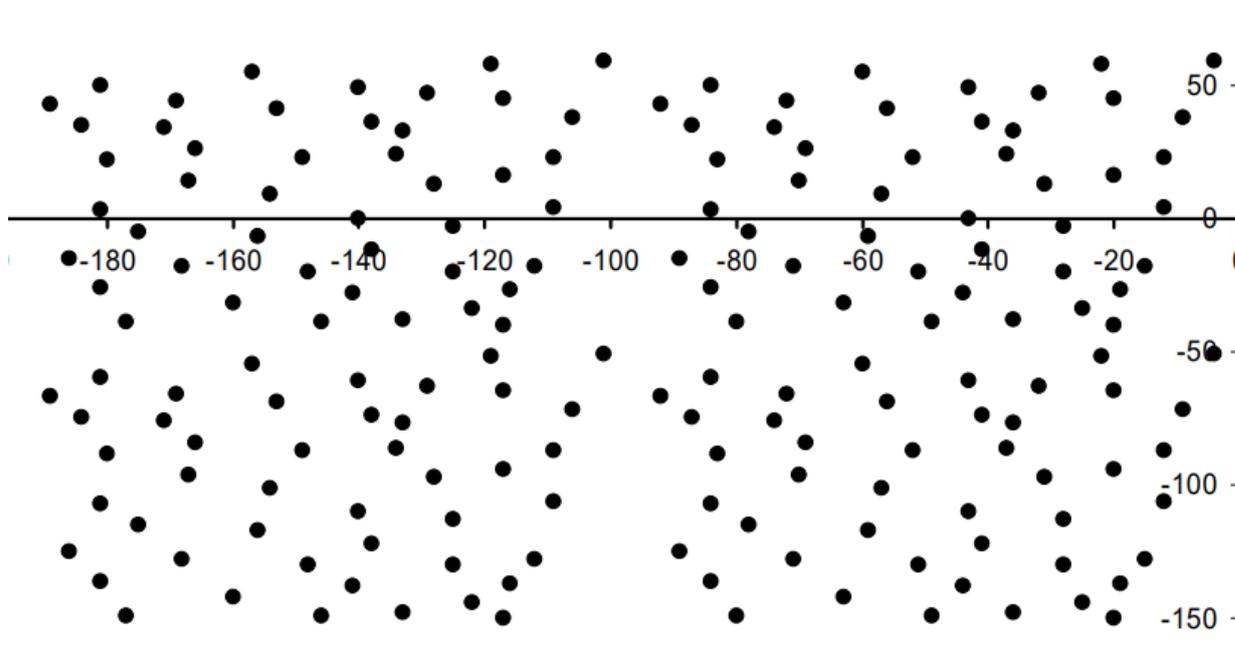


Рис.4. - Распределение тюков на поле, площадью 16 Га

Для операции загрузки использовались следующие параметры: 30 секунд для загрузки тюка. (Это включает в себя маневрирование машиной в нужном положении и загрузку тюка.)

- Полевая скорость движения самопогрузчика между тюками 6,7 км/ч (это оптимистично и не может быть достигнуто на пересеченной местности).

Время цикла определяется по формуле (1):

$$C = t_{110} + t_{u10} + t_t, \quad (1)$$

где C_t - время цикла, ч; t_{l10} – время загрузки 10 тюков, ч; t_{u10} – время выгрузки 10 тюков, ч; t_t – время доставки до места хранения, ч.

t_t был рассчитан с использованием скорости движения по дороге 50 км/ч. Это время, необходимое, чтобы вернуть машину в исходное положение на место складирования тюков и произвести разгрузку, время разгрузки - 2 мин.

Для расчета времени загрузки (t_{l10}) использовалась программа MATLAB. Как показано на рис. 4, была создана сетка с началом координат на входе в поле и создан вектор X и вектор с координатами каждого тюка. Была составлена матрица расстояний по формуле (2):

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}, \quad (2)$$

где d_{ij} - расстояние в метрах от тюка i до тюка j .

Для первых десяти тюков была установлена последовательность загрузки. Оператор выбрал 10 тюков, расположенных ближе всего к въезду, которые можно было загрузить в свободной последовательности. Далее тюки выбирались в свободном порядке, и этот процесс продолжался, пока все тюки не были перемещены с поля. Последняя нагрузка показана на рис. 5.

Всем тюкам был присвоен номер. Первый тюк в 10-тюковом грузе был обозначен как Start, а последний тюк - как Stop. Промежуточным тюкам были присвоены номера $L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8$ и $L9$. Расстояние от входа въезда на поле (начало координат) до первого тюка задается по формуле (3):

$$d_{start} = \sqrt{x_{lstart}^2 + y_{lstart}^2}, \quad (3)$$

Расстояние от стартового тюка до тюка $L2$ задается по формуле (4):

$$d_{start2} = \sqrt{(x_{lstart} + x_{l2})^2 + (y_{lstart} - y_{l2})^2}, \quad (4)$$

Аналогичным образом, расстояние от тюка $L2$ до тюка $L3$ задается по формуле (5):

$$d_{2,3} = \sqrt{(x_{12} + x_{13})^3 + (y_{12} - y_{13})^2}, \quad (5)$$

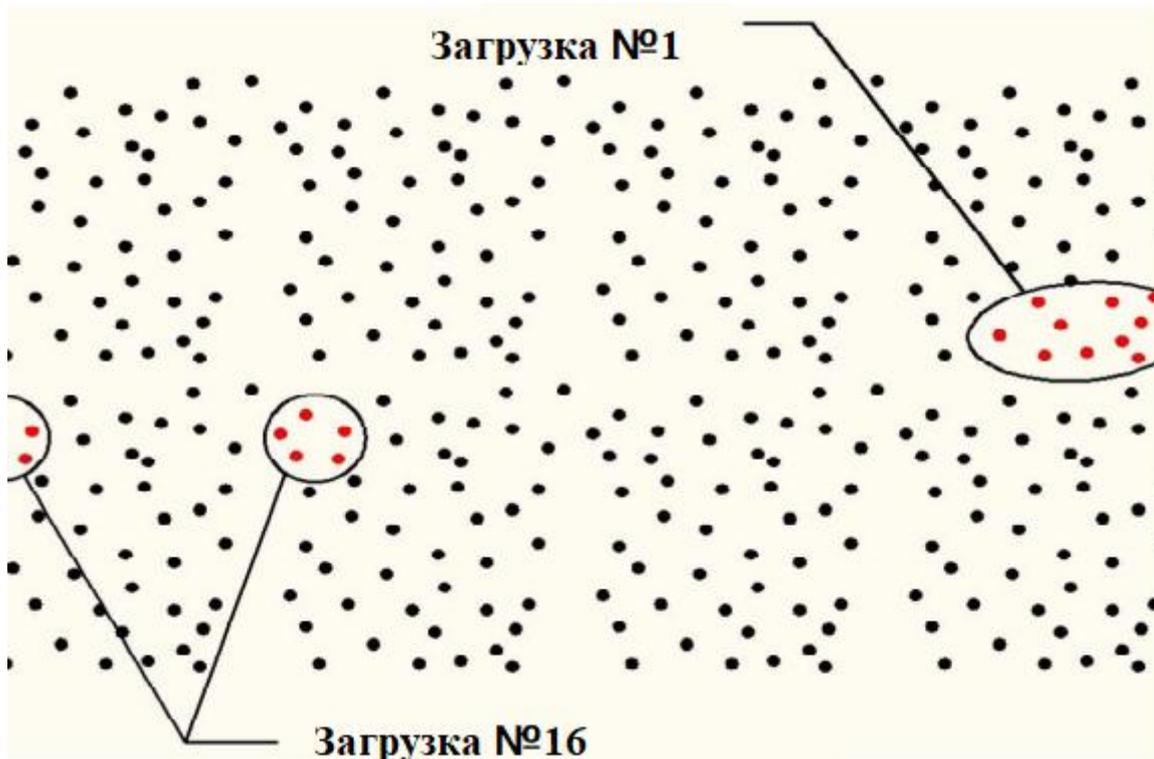


Рис. 5. - Поле, показывающее местоположение первой загрузки из 10 тюков

Расстояние для транспортировки тюка и до въезда на поле задается по формуле (6):

$$d_{stop} = \sqrt{x_{stop}^2 + y_{stop}^2}, \quad (6)$$

Общее время загрузки 10 тюков рассчитывается по формуле (7):

$$t_{110} = \frac{d_{stop} + d_{start2} + d_{2,3} + d_{3,4} + d_{4,5} + d_{5,6} + d_{6,7} + d_{7,8} + d_{8,9} + d_{9,stop} + d_{stop}}{v} + 10t_1, \quad (7)$$

где t_{110} = время загрузки 10 тюков (мин); v = скорость движения по полю (м/мин); t_1 = время загрузки одного тюка (мин).

При моделировании операции транспортирования в полевых условиях, время загрузки было различным для каждого из 10 тюков, но время в пути (одинаковая средняя скорость движения, используемая для каждого тюка) и время разгрузки были одинаковыми.

Влияние расстояния до места складирования тюков

Расстояние от поля до места складирования тюков было увеличено с 0,4 до 12,8 км следующим образом 0.4, 0.8, 1.6, 3.2, 6.4, 12.8 км

Время цикла (C_i) было рассчитано для каждой загрузки, а затем было рассчитано общее время для 16.

Стоимость перевозки в полевых условиях

Стоимость перевозки в полевых условиях рассчитывается по формуле (8):

$$C_{pt} = T_{\text{общ}} * C_{\text{экс}}, \quad (8)$$

где C_{pt} - стоимость перевозки в полевых условиях, руб.; $T_{\text{общ}}$ - общее время работы (ч), это сумма всех циклов для всех 16 загрузок; $C_{\text{экс}}$ - затраты на эксплуатацию самозагружающегося прицепа (руб./ч).

Стоимость перевозки в полевых условиях, выраженная в расчете на единицу массы, рассчитывается по формуле (9):

$$C_{nn} = \frac{C_{pt}}{M}, \quad (9)$$

где C_{pt} - стоимость перевозки в полевых условиях (руб./т); M - общая масса, полученная с поля (т).

Моделирование разгрузки мест хранения тюков радиусом 50 км вокруг станции Екатериноградской, Кабардино-Балкарской Республики было разделено на пять секторов, чтобы имитировать последовательность разгрузки мест хранения тюков, каждый сектор был пронумерован. Это было сделано для достижения логической последовательности, позволяющей минимизировать затраты на транспортировку. Затраты на транспортировку определяются как общие затраты, необходимые для перемещения трактора с самозагружающимся прицепом с одного места хранения на другой в

последовательности транспортировки. Они включает в себя прямые затраты на перемещение оборудования плюс стоимость потерянных часов с момента погрузочной операции.

Для определения пяти секторов не применялась процедура оптимизации; однако я попытался распределить по пяти секциям объем тюков таким образом, чтобы в каждой секции хранилось примерно одинаковое количество тюков, при том, что средняя урожайность с полей (5 т/га).

Общая стоимость доставки оборудования для сектора 1 была рассчитана по формуле (10):

$$C_{emtot1} = C_{em12} + C_{em23} + C_{em34} + \dots + C_{emij}, \quad (10)$$

где C_{emtot1} - общие расходы на мобилизацию по сектору 1 (руб.); C_{em12} - стоимость перемещения оборудования из места хранения тюков № 1 в место хранения тюков №2 (руб.); C_{em23} - стоимость перемещения оборудования из места хранения тюков №3 в место хранения тюков №4 (руб.); C_{emij} - стоимость перемещения оборудования с места хранения тюков i -го в место хранения тюков j -ое (руб.).

Аналогичным образом, общая стоимость транспортировки оборудования была рассчитана для секторов со второго по пятый.

Перевозка тюков с поля в места хранения тюков

Время на транспортировку тюков с поля в место хранения выражается в процентах от общего времени цикла, необходимого для перевозки тюков с поля площадью 16 Га приведено на рис.6.

Этот график хорошо показывает, насколько расстояние влияет на время доставки. Производительность труда (количество тн, перевозимых за рабочий день) снижается по мере увеличения расстояния при доставке, как показано в таблице 2.

Для эффективного распределения рабочего времени установим систему отчета и рассчитаем, как далеко может проехать трактор

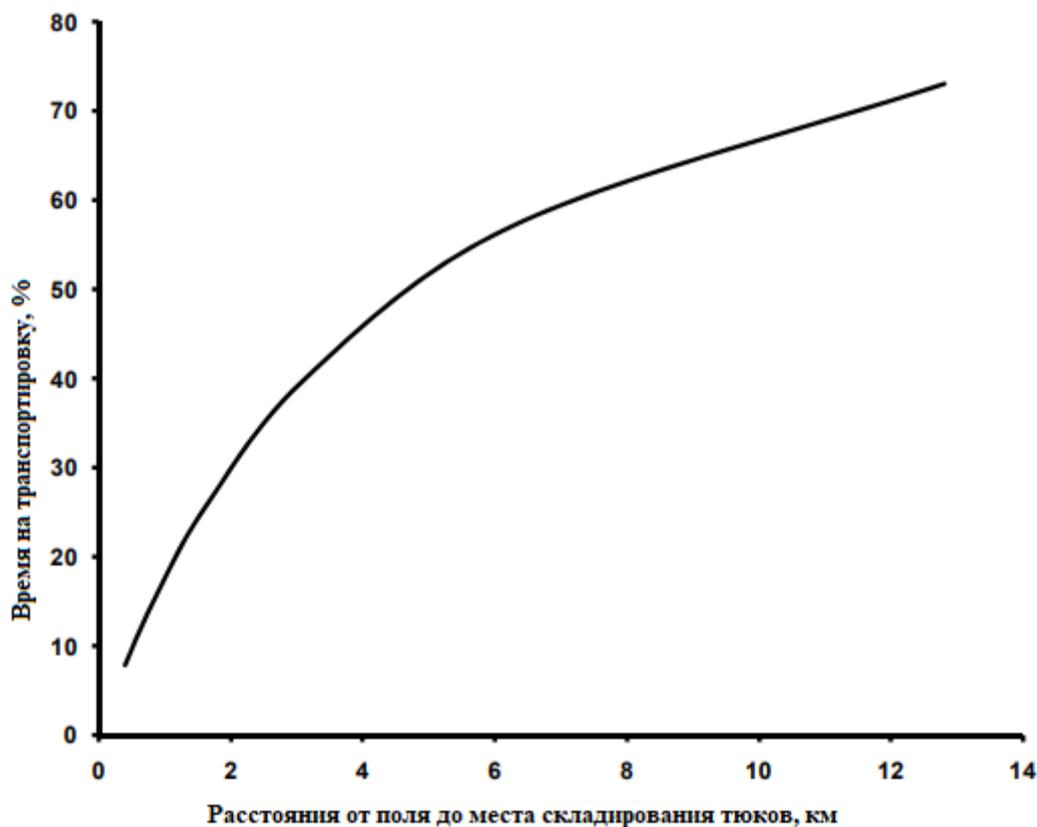


Рис. 6. - Зависимость времени на транспортировку от расстояния при доставке тюков с поля в места хранения тюков.

Таблица № 2

Зависимость производительности труда от расстояния между полем и складом.

Дальность перевозки (км)	Производительность труда (т/сут)
0,4	128
0,8	120
1,6	107
3,2	88
6,4	65
12,8	42

самозагружающимся прицепом с поля до места разгрузки и обратно за тот же период времени, который потребуется механизатору пресс-подборщика для того, чтобы произвести 10 тюков.

Механизатор подборщика может в среднем один тюк, весом 400 кг, производить каждые 2 минуты. Это дает производительность труда 12 т/ч. Чтобы в среднем тюк перевозился каждые 2 минуты, оператор самозагружающегося прицепа должен перевозить 30 тюков в час.

Поскольку за один цикл в прицеп возможно погрузить 10 тюков с производительностью 30 тюков в час, вагон должен выполнять 3 загрузки в час или одну загрузку каждые 20 минут. Для перевозки 16 рейсов объемом 160 тюков с поля площадью 16 га потребуется 8 часов.

Общее время работы по транспортировке всех тюков с поля площадью 16 га приведено на рис. 9 в зависимости от расстояния перемещения.

Если работа должна быть завершена за 8 часов для достижения той же производительности труда, что и при тюковании, допустимое расстояние транспортировки составляет 0,8 км.

Вот почему для выбора места хранения тюков, было использовано расстояние транспортировки 0,8 км.

Средние затраты на транспортировку тюков с поля, используя общую стоимость 27 540 рублей, за сутки для самозагружающегося прицепа с тюками, деленную на производительность тн/сут, приведенную в таблице 3, представлены в таблице 3.

Стоимость транспортирования для 1,6 км выше на 19,5%, чем расстояние в 1 км, а по сравнению с расстоянием в 12,8 км, оно выше более чем на 200%. Этот результат дает ответ на вопрос, каков оптимальный компромисс между увеличением затрат на транспортировку тюков с поля в результате использования меньшего количества мест хранения большой

площади и снижением затрат на доставку транспорта в результате наличия меньшего количества, но больших по размеру мест хранения.

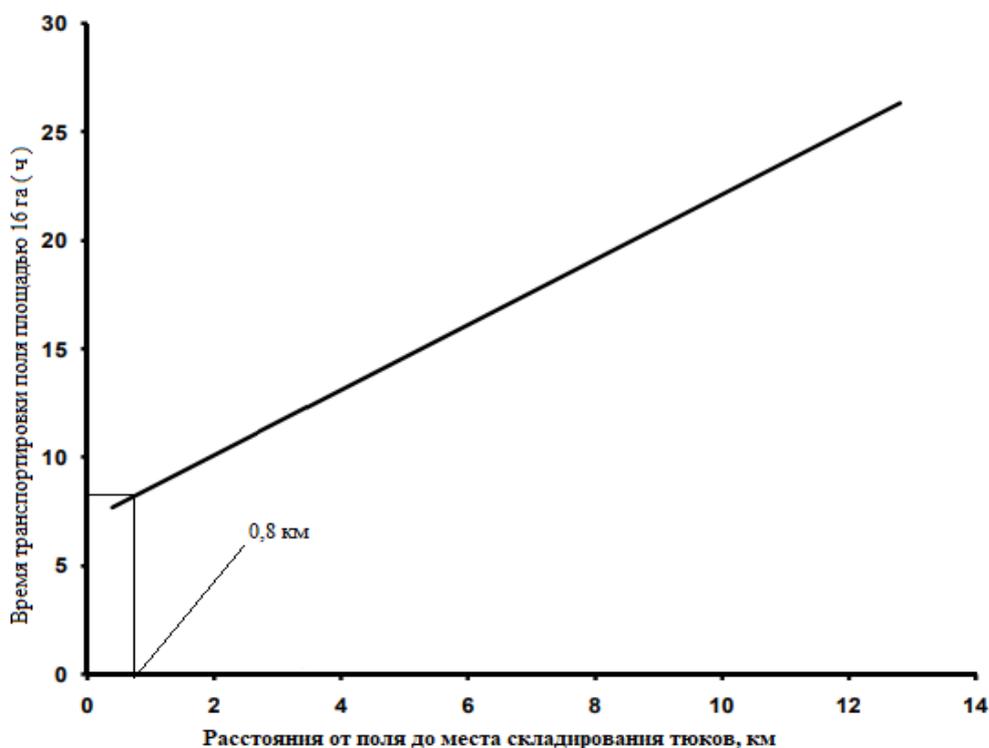


Рис. 9. - Расстояние от поля до места складирования тюков, при равной производительности труда пресс-подборщика и доставке тюков в место хранения.

Таблица 3

Стоимость перевозки в зависимости от расстояния

Расстояние от поля до склада, км	Стоимость доставки, руб	Увеличение стоимости, %
0,4	180	-
0,8	260	6,4
1,6	276	19,5
3,2	328	45,7
6,4	630	97,8
12,8	12 540	202,2

Затраты на доставку

Количество складов и общая масса тюков в каждом из пяти секторов приведены в таблице 5.

Таблица 5

Масса тюков в каждом секторе

Номер сектора	Количество складов	Общий вес, тн	Среднее значение на склад, тн
1	3	6,7	2,23
2	2	6	2
3	3	6,7	2,23
4	5	15	3
5	7	20	3
Всего	20	54,6	

Количество складов варьировалось от 2 в секторе 2, до 7 в секторе 5.

Наиболее интересным параметром является общая стоимость доставки оборудования, деленная на общий вес, перевозимый в каждом секторе (таблица 6). Общая стоимость (транспортировка оборудования + дополнительные рабочие дни) составила в среднем 84 рубля.

Выводы

Это исследование показывает, как можно сократить расходы на доставку оборудования от мест хранения тюков до конечного потребителя.

Исходя из общего времени работы по транспортировке тюков с поля площадью 16 га на склад, допустимое расстояние транспортировки было установлено в 0,8 км. Уменьшение затрат на транспортировку оборудования возможно при увеличении количества небольших мест хранения тюков.

Литература

1. Sanderson M.A, Egg R.P, Wiseloge A.E. Biomass losses during harvest and storage of switchgrass. // Biomass Bioenergy 1997; 12(2):107-14.
2. Shinnors K.J, Boettcher G.C, Muck R.E, Weimer P.J, Casler M.D. Harvest and storage of two perennial grasses as biomass feedstocks. // Trans ASAE 2010; 53(2):359-70.
3. Пунько А.И., Гаврилович С.В. К вопросу производства топливных гранул из отходов растениеводства // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Материалы Международной научно-практической конференции. В трех томах. 2009- С. 58-62.
4. Фролов Д.И., Родин М.Н. Использование растительного материала в качестве твердого биотоплива // Инновационная техника и технология. 2019. № 4 (21). С. 46-51.
5. Орехова Н.Ю. Исследование теоретических аспектов экономического развития аграрного сектора (обзор) // Инженерный вестник Дона, 2011. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/423.
6. Урбанский Б.М. Техника для заготовки грубых кормов в крупногабаритных тюках // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. 2001. № 1. С. 203.
7. Минин В.В., Носков М.В. Оценка погрешности расчета параметров универсальных малогабаритных погрузчиков с бортовым поворотом // Инженерный вестник Дона, 2010. №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2010/251.
8. Семашко В.И., Петрусевиц И. А. Сельскохозяйственные погрузчики // Техника и оборудование для села. 2011. № 11. С. 22-23.
9. Глухарев В.А., Рыбалко А.Г. Теоретический анализ процесса погрузки рулонов и тюков растительных материалов // Вестник

Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2005. № 2. С. 44-47.

10. Бушков А.Е. Разработка конструкции погрузчика-транспортировщика тюков рулонного типа // Сборник «Знания молодых – будущее России». Материалы XVIII Международной студенческой научной конференции. 2020. С. 95-97.

References

1. Sanderson M.A, Egg R.P, Wiselogle A.E. Biomass losses during harvest and storage of switchgrass. Biomass Bioenergy 1997; 12(2):107.14.
2. Shinnors K.J, Boettcher G.C, Muck R.E, Weimer P.J, Casler M.D. Harvest and storage of two perennial grasses as biomass feedstocks. Trans ASAE 2010; 53(2): 359.70.
3. Pun`ko A.I., Gavrilovich S.V. Nauchno texnicheskij progress v sel`skoxozyajstvennom proizvodstve. Materialy` Mezhdunarodnoj nauchno prakticheskoy konferencii. 2009. pp. 58-62.
4. Frolov D.I., Rodin M.N. Innovacionnaya texnika i texnologiya. 2019. No. 4 (21). pp. 46-51.
5. Orexova N.Yu. Inzhenernyj vestnik Dona, 2011. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/423/.
6. Urbanskij B.M. Inzhenerno texnicheskoe obespechenie APK. 2001. No. 1. pp. 203.
7. Minin V.V., Noskov M.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2001. № 1.URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2010/251.
8. Semashko V.I., Petrusevich I. A.Texnika i oborudovanie dlya sela. 2011. №11. pp. 22-23.
9. Gluxarev V.A., Ry`balko A.G. Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova. 2005. No. 2. pp. 44-47.



10. Bushkov A.E. Sbornik «Znaniya molody`x – budushhee Rossii»
Materialy` XVIII Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchnoj konferencii.
2020. pp. 95-97.