

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Иркутский государственный аграрный университет
им. А.А. Ежевского**

**Кафедра «Эксплуатация машинно - тракторного парка,
безопасность жизнедеятельности и профессиональное обучение»**

ТРАНСПОРТ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

**Методические указания
для студентов направления подготовки
44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)**

Молодежный, 2021

УДК 631.372

Рекомендовано к изданию учебно - методической комиссией инженерного факультета Иркутского ГАУ (протокол № 7 от «26» марта 2021 г.)

Рецензенты:

Поляков Г.Н. – к.т.н., доцент кафедры технического обеспечения АПК Иркутского ГАУ;

Транспорт в сельскохозяйственном производстве: для студентов инженерного факультета направления подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям) / Составители: Н.В. Степанов – Молодёжный : Изд - во Иркутского ГАУ, 2021. - 35 с. – Текст : электронный.

Учебное пособие предназначено для изучения дисциплины «Транспорт в сельскохозяйственном производстве».

©Н.В. Степанов 2021

© Иркутский ГАУ им. А.А. Ежовского, 2021

1. Использование транспортных средств

Транспортные работы составляют около 1/3 всех затрат труда на возделывание с.х. культур, а транспортные расходы в себестоимости с.х. продукции составляют от 15 до 40 %.

От правильной эксплуатации транспортных средств [2; 3; 7] зависит своевременность выполнения с.х. работ и в целом эффективность с.х. производства

Примерный перечень вопросов, подлежащих изучению.

1. Объем перевозки, грузооборот и грузопотоки.
2. Выбор типа транспортных средств.
3. Выбор погрузочно-разгрузочных средств.
4. Расчет количества транспортных средств, топлива.
5. Организация перевозок с.х. грузов.
6. Показатели использования транспортных средств.

1.1. Объем перевозок, грузооборот и грузопотоки

Объем перевозок характеризуются числом тонн груза, подлежащего перевозке транспортом за определенный период времени.

Грузооборот- это объем транспортной работы в т·км, связанный с выполнением перевозок грузов. В зависимости от территории освоения, грузооборот может относиться к одному пункту, участку дороги, ко всей дороге, экономическому району. Таким образом, существуют понятия грузооборот пункта, дороги и.т.д.

В зависимости от сроков освоения объема перевозок грузооборот может быть суточный, месячный, кварталный и годовой.

Объем перевозок и грузооборот характеризуются составом груза (зерно, картофель, строительные материалы, топливо и.т.д.) и количеством.

Грузооборот может быть представлен графически (рисунок 1).

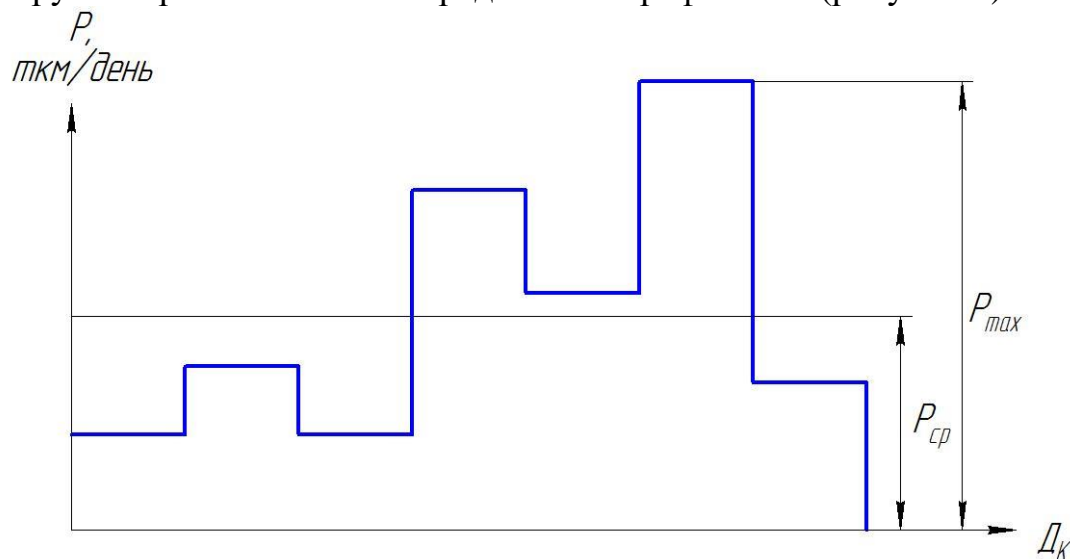


Рисунок 1 – График грузооборота

График грузооборота имеет практическое значение при планировании транспортных работ, увязки плана перевозок с планом ТО.

Коэффициент неравномерности грузооборота η_n определяется отношением:

$$\eta_n = \frac{P_{\max}}{P_{cp}}, \quad (1)$$

где P_{\max} – максимальный дневной грузооборот;
 P_{cp} – средний дневной грузооборот.

Объем перевозок в растениеводстве определяется по каждому виду работ (посев, уборка и др.) и по культурам как произведение площади, занятой сельскохозяйственной культурой, на норму внесения удобрений, высева семян, урожайности.

$$Q = F \cdot h \quad (2)$$

где Q – объем перевозок, т;

F – площадь, га;

h – норма (высева, внесения удобрений), урожайность, т/га.

Объем транспортной работы U определяется произведением объема перевозок Q на расстояние перевозки S_r :

$$U = Q \cdot S_r \quad (3)$$

По результатам расчетов составляется годовой план перевозки грузов в хозяйстве (таблица 1)

Таблица 1 - Годовой план перевозки грузов

Вид груза (грузооперация)	Линия перевозки (пункт отправки, пункт назначения.)	Дорожные условия (дороги с твердым покрытием, грунтовые и т.д.)	Расстояние перевозки груза, S_r , км
1	2	3	4

Объем перевозок Q , т.	Объем транспортной работы U , т·км ($u=Q \cdot S_r$)	Календарные сроки перевозки		Ежедневный объем транспортных работ $U_{\text{дн}}$, т·км/день $U_{\text{дн}} = \frac{U}{D_p}$
		с... по....	колич-во рабочих дней D_p	
5	6	7	8	9

Грузопотоки

Грузопотоком называется совокупность грузов, движущихся в одном направлении за определенный промежуток времени. Различают грузопотоки односторонние и двухсторонние. При 2-х - сторонних грузопотоках число тонн груза, движущихся в прямом и обратном направлениях, может быть неодинаковым. Большой по величине грузопоток называется прямым, меньший - обратным.

Разность между большим и меньшим грузопотоком называется неравномерностью и вызывает порожний пробег транспортных средств.

Неравномерность грузопотоков объясняется сезонностью перевозок, видом груза, характером производства .

Примером сезонных грузопотоков являются грузы с. х. производства (зерно, овощи и т.д.)

Грузопотоки могут быть изображены в виде схем или эюр. Для построения схемы грузопотоков необходимо иметь схему маршрутов с указанием грузопунктов и расстояния между ними. По каждому маршруту в определенном масштабе откладывается количество груза, движущегося в прямом и обратном направлениях. Так, например, схема грузопотоков на период уборки с. х. культур дает наглядное представление о движении грузов, напряженности маршрутов движения работы транспортных средств.

1.2. Выбор типа транспортных средств

Основными критериями при выборе типа подвижного состава (одиночные бортовые автомобили, самосвалы, автопоезда, тракторные поезда) является максимальная производительность и минимальная себестоимость перевозок.

Приближенно можно принять, что себестоимость изменяется соответственно изменению удельного расхода топлива на единицу транспортной работы.

Удельный расход топлива можно определить по формуле :

$$q_{y\partial} = \frac{q_1}{100 \cdot q_n \cdot \gamma \cdot \beta} + \frac{q_2}{100}, \quad (4)$$

где $q_{y\partial}$ – удельный расход топлива на единицу транспортной работы, л / ткм;
 q_1 – линейная норма расхода топлива на пробег (для порожнего автомобиля), л / 100 км;

q_2 – норма расхода топлива для бортовых автомобилей на транспортную работу, л / 100 ткм;

q_n – номинальная грузоподъемность автомобиля, т;

γ – коэффициент использования грузоподъемности;

β – коэффициент использования пробега.

Норма расхода топлива на транспортную работу [9] (на каждые 100ткм) установлены для автомобиля с карбюраторными двигателями $q_2 = 2$ л, для дизельных автомобилей $q_2 = 1,3$ л, для газобаллонных (на сжиженном газе) $q_2 = 2.5$ л, для газобаллонных на сжатом газе $q_2 = 2$ м³. При эксплуатации бортовых автомобилей с прицепами норму расхода топлива на 100 км пробега увеличивают по сравнению с нормой для одиночного автомобиля на $\Delta q = 2$ л для бензиновых, $\Delta q = 1,3$ л для дизельных, на $\Delta q = 2,5$ л для газобаллонных (на сниженном газе,) и на $\Delta q = 2$ м³ для газобаллонных на сжатие газа, на каждую тонну собственной массы прицепа:

$$q_1^1 = q_1 + \Delta q \cdot G_{np}, \quad (5)$$

где q_1^1 - увеличенная норма расхода топлива на 100 км пробега для автомобилей, работающих с прицепами, л;

Δq - увеличение расхода топлива по сравнению с нормой для одиночного автомобиля, л,

G_{np} - собственная масса прицепа, т.

Норма на каждые 100ткм q_2 по величине та же, что и для одиночных бортовых автомобилей, и распространяется на всю транспортную работу, выполняемую автопоездом.

И тогда формула (4) удельного расхода топлива для бортовых автомобилей с прицепом имеет вид:

$$q_{y\partial} = \frac{q_1 + \Delta q \cdot G_{np}}{100 \cdot q_n \cdot \gamma \cdot \beta} + \frac{q_2}{100} \quad (6)$$

Для автомобилей - самосвалов, работы которых учитывается по количеству выполненных ездов, удельный расход топлива определяется по линейному расходу топлива на 100 км пробега. При этом линейная норма на пробег q увеличивается на каждую езду с грузом (на пробег 100 км) на 0,25 л.

$$q_{y\partial} = \frac{q + 0,25 \cdot Z_e}{100 \cdot q_n \cdot \gamma \cdot \beta}, \quad (7)$$

где q – линейная норма расхода топлива на пробег для самосвала, л/100 км;
 Z_e - количество ездов с грузом (при общем пробеге самосвала 100 км).

При эксплуатации самосвальных поездов норма на 100 км пробега увеличивается по сравнению с нормой для одиночного автомобиля-самосвала на 2 л для бензиновых, на 1,3 для дизельных, на 2,5 л для газобаллонных автомобилей, работающих на сжиженном газе и на 2 м³ для газобаллонных автомобилей, работающих на сжиженном газе на каждую тонну собственной массы и половину номинальной грузоподъемности прицепа.

И тогда удельный расход топлива для самосвального автопоезда можно определить по выражению:

$$q_{y\partial} = \frac{q + \Delta q \left(G_{np} + \frac{1}{2} \cdot G_{np}^H \right) + 0,25 \cdot Z_e}{100 \cdot q_n \cdot \gamma \cdot \beta}, \quad (8)$$

где $q_{y\partial}$ - удельный расход топлива для самосвального автопоезда на единицу транспортной работы, л / т км

q – норма расхода топлива одиночного автомобиля самосвала, л / 100 км;

Δq – увеличение нормы расхода на 100 км пробега самосвального автопоезда по сравнению с нормой для одиночного автомобиля самосвала;

G_{np} – собственная масса прицепа, т;

G_{np}^H – номинальная грузоподъемность прицепа, т;

q_n – общая номинальная грузоподъемность автопоезда, т;

Z_e – количество ездов;

γ, β – коэффициенты использования грузоподъемности, пробега.

В сельскохозяйственном производстве в период уборки урожая производительность транспортных средств имеет решающее значение, особенно при уборке, когда транспортные средства двигаются по полю при обслуживании зерноуборочных комбайнов и силосоуборочных агрегатов. Поэтому использование тракторов с прицепами на тракторных работах вполне оправдано при технологических перевозках.

Целесообразность применения тракторов по сравнению с бортовыми автомобилями можно определить по производительности. Так, например, тягачи (тракторы) со сменными прицепами выгоднее использовать на коротких

расстояниях, т. к. время на перецепку прицепов меньше времени простоя бортовых автомобилей под погрузкой и разгрузкой. Если тягач (трактор) используется без перецепки прицепов, его работа приближается к работе автомобилей соответствующей грузоподъемности. С увеличением расстояния перевозки преимущество автомобилей по сравнению с тягачами возрастает, т.к. автомобили имеют большую скорость.

Можно установить такое расстояние перевозки при котором часовые производительности W_q^T тягача и автомобиля W_q^a будут одинаковыми. Это расстояние называется равноценным S_p ,

$$W_q^a = W_q^T \text{ и } S_T = S_p$$

Выразив значения W_q^a и W_q^T через известную формулу [10] часовой производительности:

$$W_q = \frac{q \cdot \gamma \cdot S_T \cdot \beta \cdot V}{S_T + \beta \cdot V \cdot t}$$

Можно записать:

$$\frac{q_a \cdot \gamma_a \cdot S_T \cdot \beta \cdot V_a}{S_T + \beta \cdot V_a \cdot t_{np}} = \frac{q_T \cdot \gamma \cdot S_T \cdot \beta \cdot V_T}{S_T + \beta \cdot V_T \cdot t_n}, \quad (9)$$

где q_a и q_T - грузоподъемность автомобиля, тягача, т;

V_a и V_T - техническая скорость движения автомобиля, тягача, км/ч;

t_{np} - время погрузки, разгрузки автомобиля, ч;

t_n - время перецепки прицепов, ч;

γ_a и γ_T - коэффициенты использования грузоподъемности автомобиля и прицепа;

β - коэффициент использования пробега (одинаковые значения для автомобиля и тягача);

S_T - расстояние перевозки груза, км; при $W_q^a = W_q^T$, $S_T = S_p$

S_p - равноценное расстояние, км.

Считаем, что для автомобиля и тягача γ и β равны и $S_T = S_p$. Тогда, решая равенство (9), получим уравнение для определения равноценного расстояния

$$S_p = \frac{V_a \cdot V_T \cdot \beta (q_T \cdot t_{np} - q_a \cdot t_n)}{q_a \cdot V_a - q_T \cdot V_T} \quad (10)$$

Полученное равноценное расстояние сравнивают с расстоянием перевозки. Если расстояние перевозки меньше равноценного, то следует взять тягач, если больше – автомобиль.

Если при определении S_p получили :

1) В знаменателе отрицательная величина, то следует выбрать тягач, т.к. $q_T \cdot V_T$ - часовая производительность тягача больше часовой производительности автомобиля.

2) В числителе отрицательная величина – следует выбрать автомобиль.

По такой же методике можно определить целесообразность применения бортового автомобиля и самосвала.

При прочих равных условиях (равной грузоподъемности, скорости движения и пр.) наиболее эффективны автомобили – самосвалы, т.к. для них не требуются специальные разгрузочные средства, необходимые для бортовых автомобилей. Тракторный транспорт более эффективен при расстоянии перевозки до 5 км в сложных дорожных условиях. Для грузовых автомобилей, включая бортовые и самосвалы, оптимальными по минимуму приведенных затрат [1] являются следующие сочетания расстояния перевозки S_r и грузоподъемности :

$$\begin{aligned} S_r &\leq 5 \text{ км, } q_{H \text{ опт}} = 4 \text{ т;} \\ S_r &= 5 \dots 10 \text{ км, } q_{H \text{ опт}} = 5 \text{ т;} \\ S_r &= 10 \dots 15 \text{ км, } q_{H \text{ опт}} = 5,5 \text{ т;} \\ S_r &= 15 \dots 20 \text{ км, } q_{H \text{ опт}} = 6,5 \text{ т;} \\ S_r &= 20 \dots 25 \text{ км, } q_{H \text{ опт}} = 7 \text{ т;} \\ S_r &= 25 \dots 30 \text{ км, } q_{H \text{ опт}} = 7,5 \text{ т;} \\ S_r &= 30 \dots 40 \text{ км, } q_{H \text{ опт}} = 8 \text{ т.} \end{aligned}$$

При хороших дорожных условиях в составе автопоездов используют прицепы типов: ГКБ - 819 с автомобилем самосвалом ЗИЛ - ММЗ - 554М, ГКБ - 8527 с автомобилем-самосвалом КамАЗ - 55102 (грузоподъемность 7 тонн, вместительность кузова $7,87 \text{ м}^3$).

1.3. Выбор технических средств для механизации погрузочно - разгрузочных работ при использовании транспортных средств в сельском хозяйстве

Эффективность использования транспортных средств в значительной степени зависит от механизации погрузочно-разгрузочных работ.

Механизация погрузочно-разгрузочных работ ускоряет процессы погрузки и разгрузки, сокращает тем самым время простоя транспортных средств, улучшает условия труда и повышает его производительность, снижает потребность в рабочей силе и себестоимости работ. [3].

Выбор средств механизации погрузочно-разгрузочных работ зависит от следующих факторов: вида груза (навалочный, тарный, наливной) и его физических свойств, размера и характера грузооборота, типа подвижного состава.

При механизации погрузочно-разгрузочных работ необходимо учитывать следующие особенности: разнообразие грузов, сроки перевозок, рассредоточенность, непостоянство мест погрузки и выгрузки.

Погрузочно - разгрузочные средства классифицируют по мобильности и принципу действия. По мобильности подразделяются на: стационарные, полустационарные и мобильные. По принципу действия различают циклического и непрерывного действия.

Производительность погрузочно - разгрузочных средств циклического действия определяется отношением:

$$W_{ц} = \frac{3600 \cdot Q}{t_{ц}}, \quad (11)$$

где $W_{ц}$ - производительность погрузочно-разгрузочных средств циклического действия т/ч;

Q - масса грузопогружаемая (разгружаемая) за один цикл, т;

$t_{ц}$ - продолжительность одного цикла, с.

Производительность погрузочно-разгрузочных средств непрерывного действия W_H (т/ч) :

$$W_H = 3600q \cdot V, \quad (12)$$

где q – масса груза на длине 1 м рабочего органа (транспортера), т;

V – линейная скорость рабочего органа (транспортера), м / с.

Взаимосвязанное количество погрузочно - разгрузочных средств n_{np} и количество транспортных средств n_T определяется из условия поточной работы:

$$n_{np} \cdot W_{np} = n_T \cdot W_T, \quad (13)$$

где W_{np} и W_T - производительность соответственно погрузочно - разгрузочных и транспортных средств.

Так, при $n_{np}=1$ количество транспортных средств для бесперебойного обслуживания одного погрузчика (разгрузчика) или поста будет равно:

$$n_T = \frac{W_{np}}{W_T} \quad (14)$$

Пропускная способность одного поста по числу обслуживаемых за 1 час транспортных средств n_T^1 :

$$n_T^1 = \frac{1}{t_{np}} \quad \text{или} \quad n_T^1 = \frac{W_{np}}{q_H \cdot \gamma} \quad (15)$$

где: t_{np} - продолжительность одной погрузки или разгрузки, ч;

q_H - номинальная грузоподъемность автомобиля, т;
 γ - коэффициент использования грузоподъемности.

Интервал прибытия транспортных средств на пост, t_H :

$$t_H = \frac{1}{n_T} \text{ или } t_H = \frac{q_H \cdot \gamma}{W_{np}} \quad (16)$$

При необходимости производятся определения количества постов погрузки (разгрузки) на данном пункте.

1.4. Расчет количества транспортных средств

Исходными данными для расчета количества транспортных средств является годовой план перевозок (таблица).

Количество транспортных средств n_T на грузоперацию определяется по формуле:

$$n_T = \frac{U}{D_p \cdot W_{дн}} \quad (17)$$

где: U - объем транспортной работы на грузоперацию, ткм;

D_p - количество рабочих дней;

$W_{дн}$ - дневная производительность транспортного средства, ткм/день.

Дневная производительность транспортных средств определяется по формуле [3]:

$$W_{дн} = \frac{q_H \cdot \gamma \cdot \beta \cdot V_T \cdot T_H \cdot S_r}{S_r + \beta \cdot V_T (t_n + t_p + t_{np})} \quad (18)$$

где: $W_{дн}$ - дневная производительность транспортного средства, ткм/день;

q_H - номинальная грузоподъемность, т;

γ - коэффициент использования грузоподъемности;

β - коэффициент использования пробега;

V_T - техническая скорость движения, км/ч;

T_H - время пребывания в наряде, ч;

S_r - среднее расстояние перевозки груза, км;

t_n - время погрузки, ч;

t_p - время разгрузки, ч;

t_{np} - время простоя в ожидании, оформлении документов, взвешивании груза.

Время погрузки и разгрузки определяется производительностью применяемых погрузочно - разгрузочных средств, грузоподъемностью транспортных средств и коэффициентом использования грузоподъемности.

Коэффициент использования грузоподъемности определяется с учетом подготовки транспортных средств для перевозки данного вида груза (например, наращивание бортов кузова) при перевозке легкового грузов.

Значение остальных технико-эксплуатационных показателей принимается в соответствии с техническими характеристиками транспортных средств и условиями работы.

Решая задачу повышения производительности транспортных средств, целесообразно построить характеристический график производительности (рис.2), на котором графически показана степень влияния отдельных технико-эксплуатационных показателей на производительность. График строят для конкретных условий эксплуатации в пределах возможных изменений каждого показателя. По графику можно наметить пути повышения производительности, а следовательно, снизить потребность в транспортных средствах, что обеспечит эффективность их использования.

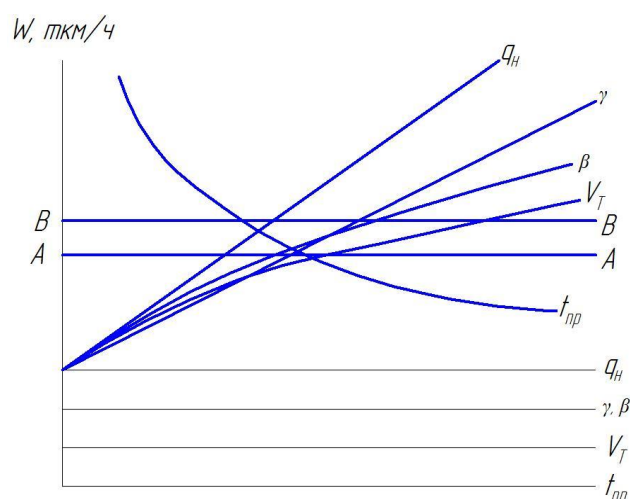


Рисунок 2 - Характеристический график производительности транспортных средств

По результатам расчета необходимого количества транспортных средств строят графики использования. Графики строят в прямоугольных координатах, отдельно для каждой марки транспортного средства, по оси абсцисс – календарный период выполнения работ, по оси ординат – количество транспортных средств [5].

Графики использования транспортных средств наглядно показывают потребность в транспортных средствах в отдельные периоды их использования.

Если потребность в автомобилях превышает возможности хозяйства (подразделения), решается вопрос привлечения на транспортные работы (в

напряженный период) тракторов, свободных от выполнения технологических операций, определяются пути повышения производительности. Расход топлива для автомобилей определяется в зависимости от способа учета их работы:

- для бортовых автомобилей, транспортная работа которых учитывается в тонно – километрах, нормы расхода топлива складывают из нормы на 100 км пробега и на 100 т/км транспортной работы;

- для автомобилей – самосвалов норму расхода топлива складывают из нормы на 100 км пробега на каждую езду с грузом [9].

При расчете количества транспортных средств следует учитывать и такой фактор, как изменение расстояния перевозки.

Так, в течение всей уборки во многих случаях количество комбайнов в уборочно – транспортном отряде и используемый тип транспортных средств не меняются. Однако в связи с тем, что убираемые участки находятся на разном расстоянии от тока (места складирования продуктов уборки), количество транспортных средств в отряде должно изменяться. Поэтому (до начала) уборки целесообразно построить график зависимости производительности и количества транспортных средств от расстояния перевозки S_T .

Производительность одного транспортного средства за одну езду можно выразить отношением:

$$W_T = \frac{q_H \cdot \gamma}{t_e} \text{ или } W_T = \frac{V_K \cdot \rho}{t_e}, \quad (19)$$

где:

W_T - производительность, т/ч;

q_H - номинальная грузоподъемность, т;

V_K - объем кузова автомобиля, м³;

γ - коэффициент использования грузоподъемности;

ρ - плотность зерна, т/м³;

t_e - время одной езды с грузом (время оборота), ч.

Время езды с грузом:

$$t_e = t_g + t_n + t_p, \quad (20)$$

где: t_g - время движения (на ток и обратно на поле);

t_n - время погрузки (полное время пребывания на поле, включая прием зерна от комбайнов, движение от одного комбайна к другому, ожидание), ч;

t_p - время разгрузки на току, ч.

Время движения:

$$t_g = \frac{2S_T}{V_T}, \quad (21)$$

где: S_T - расстояние перевозки от комбайна до тока, км;

V_T - средняя техническая скорость транспортного средства по дороге, км/ч.

Для построения графика зависимости $W_T = f(S_T)$ производят расчет производительности транспортного средства при нескольких произвольно выбранных значениях расстояния перевозки (таблица 2) и постоянных значениях – время погрузки и разгрузки $t_n + t_p = const$.

Таблица 2

$S_T, км$	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18
$t_e = t_g + t_n + t_p, ч$	0,38	0,46	0,62	0,78	0,94	1,1	1,26	1,42	1,58	1,74
$W_T = \frac{q_H \cdot \gamma}{t_e}, м/ч$	21	17,82	13,2	10,5	8,72	7,45	6,5	5,6	5,18	4,7

По данным таблицы 2 строят график зависимости $W_T = f(S_T)$ в прямоугольных координатах (рис 3)

На этом графике проводят горизонтальную прямую линию на отметке (по оси ординат) равной производительности группы комбайнов $W_{ГП}^K$.

Для построения графика $n_T = f(S_T)$ зависимости количества n_T транспортных средств от расстояния S_T перевозки зерна необходимо установить предельные расстояния, при которых группа из n_T транспортных средств обеспечит безостановочную работу заданной группы комбайнов.

Установление предельного расстояния перевозок производится на основании равенства производительности группы комбайнов и группы транспортных средств:

$$W_{ГП}^K = n_T \cdot W_T, \quad (22)$$

где: $W_{ГП}^K$ - производительность (постоянная) группы комбайнов, т/ч;

n_T - количество транспортных, обслуживающих группу комбайнов при определенном расстоянии перевозки зерна, км;

W_T - производительность одного транспортного средства, которая должна быть, если в группе будет n_T транспортных средств, т/ч.

Таким образом, производительность одного транспортного средства при $W_{ГП}^K = const$ в зависимости от количества транспортных средств в группе:

$$W_T = \frac{W_{ГП}^K}{n_T} \quad (23)$$

$$\text{при } n_T = 1 \quad W_{T_1} = \frac{W_{ГП}^K}{1}$$

$$\text{при } n_T = 2 \quad W_{T_2} = \frac{W_{ГП}^K}{2}$$

$$\text{при } n_T = 3 \quad W_{T_3} = \frac{W_{ГП}^K}{3}$$

И так далее.

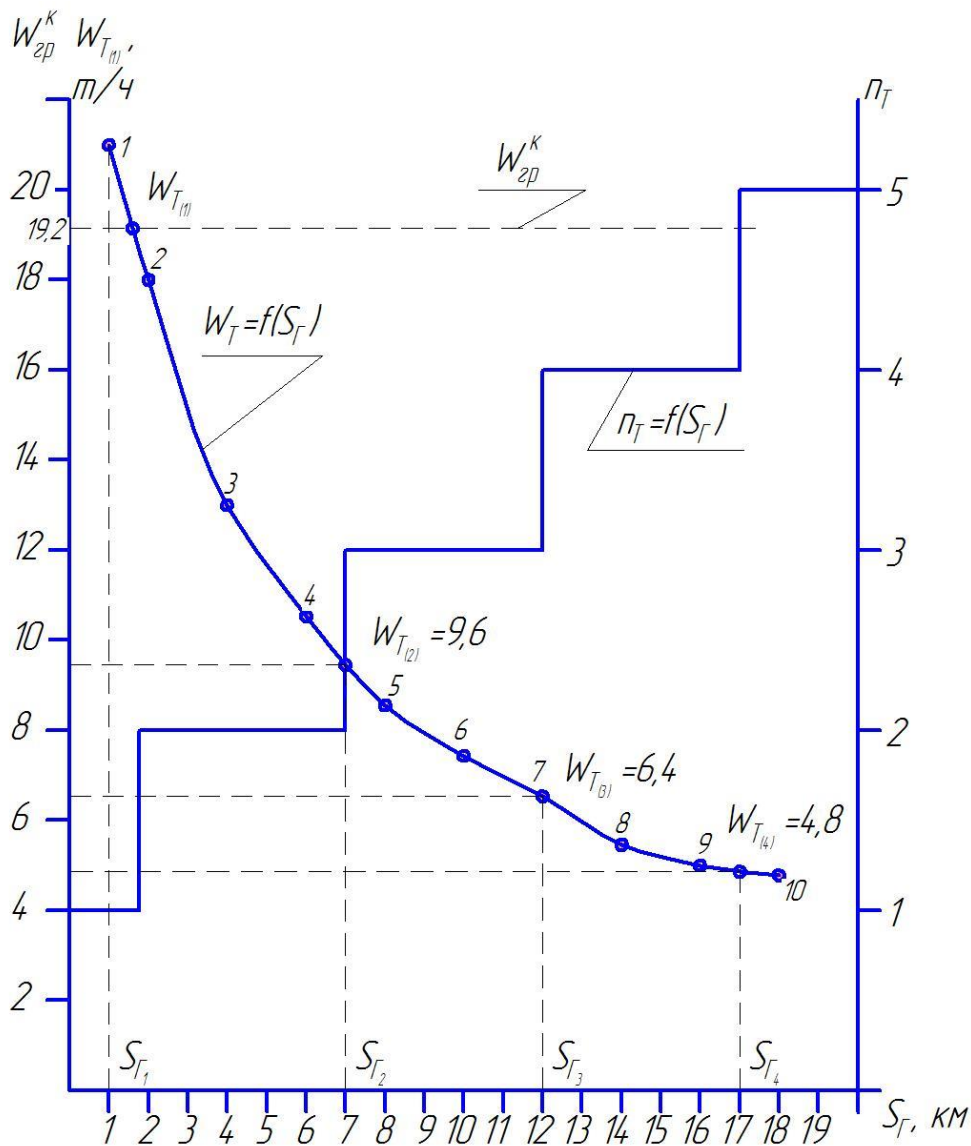
Полученные значения производительности одного транспортного средства ($W_{T(1)}, W_{T(2)}, W_{T(3)}$ и т.д.) откладывают на кривой $W_T = f(S_T)$. Перпендикуляры, опущенные из отмеченных точек на шкалу S_T , укажут на ней предельные расстояния перевозок для каждой группы транспортных средств. Результаты расчетов можно представить таблицей 3.

Результаты расчетов предельных расстояний S_T

Таблица 3

n_T , КОЛ-ВО В ГРУППЕ	1	2	3	4
$W_T = \frac{W_{гр}^k}{n_T}$, Т/Ч	19,2	9,6	6,4	4,8
$S_{T пред}$, КМ	1,7	7,0	12	17

По найденным предельным расстояниям (таблица 3) строят график зависимости $n_T = f(S_T)$ потребности автомобилей в группе от расстояния перевозки зерна от комбайнов на ток (рис. 3)



S_{T1} – предельное расстояние при обслуживании группы комбайнов одним автомобилем (производительность группы комбайнов равна производительности одного автомобиля);

S_{T2} – предельное расстояние при обслуживании группы комбайнов двумя автомобилями;

S_{T3} – предельное расстояние при обслуживании группы комбайнов тремя автомобилями;

S_{T4} – предельное расстояние при обслуживании группы комбайнов четырьмя автомобилями;

Рисунок 3 - Графоаналитический метод определения потребности в транспортных средствах в зависимости от расстояния перевозки

Пример

Определить изменение необходимого количества автомобилей для обслуживания группы зерноуборочных комбайнов «Енисей-950» в зависимости от расстояния перевозки зерна на ток.

Исходные данные:

1. Количество комбайнов «Енисей-950» в группе $n=3$
2. Емкость бункера комбайна $V_б=5\text{ м}^3$
3. Плотность зерна $\rho=0,82\text{ т/м}^3$
4. Расстояние перевозки зерна комбайнов на ток изменяется от 1 до 18 км
5. Средняя техническая скорость движения транспортных средств (автомобилей) $V_т=25\text{ км/ч}$
6. Номинальная грузоподъемность автомобиля ЗИЛ-ММЗ-4516 $q_n=10\text{ т}$, объем кузова с надставными бортами $V_к=10,0\text{ м}^3$
7. Время цикла комбайна $T_ц=0,64\text{ ч}$
8. Время погрузки автомобиля (полное время на поле, включая прием зерна от комбайнов, движение от одного комбайна к другому, ожидание), $T_п=0,15\text{ ч}$;
9. Время разгрузки на току $T_р=0,15\text{ ч}$

Решение:

Расчет для расстояния перевозки $S_r = 4\text{ км}$

Время движения

$$t_{дв} = \frac{2S_r}{V_т} = \frac{2 \cdot 4}{25} = 0,32\text{ ч}$$

Время ездки

$$t_e = t_g + t_n + t_p = 0,32 + 0,15 + 0,15 = 0,62\text{ ч}$$

Производительность группы из трех комбайнов $W_{гр}^к$

$$W_{гр}^к = \frac{n_k \cdot V_б \cdot \rho}{T_ц} = \frac{3 \cdot 5 \cdot 0,82}{0,64} = 19,2\text{ т/ч}$$

Производительность одного автомобиля при $S_r = 4\text{ км}$

$$W_T = \frac{V_к \cdot \rho}{t_e} = \frac{10,0 \cdot 0,82}{0,62} = 13,2\text{ т/ч}$$

Результаты расчетов по всем вариантам расстояний перевозок зерна (от 1 до 18 км) заносим в таблицу 2.

По данным таблицы 2 строят график зависимости производительности автомобиля от расстояния перевозок $W_T = f(S_r)$ в прямоугольных координатах (рис.3)

На этом графике проводят горизонтальную прямую на отметке (по оси ординат) равной производительности группы комбайнов $W_{гр}^к = 19,2 \frac{т}{ч}$.

Для установления предельных расстояний перевозок для каждой группы автомобилей определяется производительность одного автомобиля W_T в зависимости от количества транспортных средств в группе при постоянной производительности группы комбайнов $W_{гр}^к$:

$$W_T = \frac{W_{гр}^к}{n_T}$$

При:

$$\begin{aligned} n_T = 1 & \quad W_{T(1)} = \frac{W_{гр}^к}{n_T} = \frac{19,2}{1} = 19,2 \text{т/ч} \\ n_T = 2 & \quad W_{T(2)} = \frac{W_{гр}^к}{n_T} = \frac{19,2}{2} = 9,6 \text{т/ч} \\ n_T = 3 & \quad W_{T(3)} = \frac{W_{гр}^к}{n_T} = \frac{19,2}{3} = 6,4 \text{т/ч} \\ n_T = 4 & \quad W_{T(4)} = \frac{W_{гр}^к}{n_T} = \frac{19,2}{4} = 4,8 \text{т/ч} \end{aligned}$$

Полученные значения производительности ($W_{T(1)} = 19,2$; $W_{T(2)} = 9,6$; $W_{T(3)} = 6,4$; $W_{T(4)} = 4,8$)

откладывают на кривой $W_T = f(S_r)$. Перпендикуляры, опущенные из отмеченных точек на шкалу S_r укажут на ней предельные расстояния перевозок для каждой группы транспортных средств.

$W_{T(1)} \rightarrow S_{r1} = 1,7$ км (группу комбайнов обслуживает 1 автомобиль)

$W_{T(2)} \rightarrow S_{r2} = 7$ км (группу комбайнов обслуживает 2 автомобиля)

$W_{T(3)} \rightarrow S_{r3} = 12$ км (группу комбайнов обслуживают 3 автомобиля)

$W_{T(4)} \rightarrow S_{r4} = 17$ км (группу комбайнов обслуживают 4 автомобиля)

Результаты расчётов предельных расстояний перевозок можно представить в таблице 3.

По найденным определенным расстояниям строят графики зависимости $n_T = f(S_r)$ потребностей автомобилей от расстояний для обеспечения безостановочной работы группы комбайнов (рис. 3).

1.5. Техничко – эксплуатационные и экономические показатели использования транспортных средств

Оценка работы транспортных средств в сельскохозяйственных предприятиях осуществляется на основе анализа технико-эксплуатационных и экономических показателей их использования.

Показатели использования транспортных средств подразделяются на частные и обобщающие. К частным относятся показатели, характеризующие влияние отдельных факторов эксплуатации на эффективность использования автомобилей, автомобильных или тракторных поездов. К обобщающим относятся показатели, характеризующие совокупность влияния многих факторов эксплуатации на эффективность использования транспортного парка.

К основным частным технико-эксплуатационным показателям использования транспортных средств (в дальнейшем – автомобилей) относятся:

- коэффициент использования грузоподъемности;
- коэффициент использования пробега;
- коэффициент использования времени пребывания в наряде;
- скорости движения автомобилей (техническая и эксплуатационная);
- коэффициент технической готовности;
- коэффициент выпуска автомобилей на линию;
- коэффициент использования парка.

К обобщающим эксплуатационным и экономическим показателям использования автомобилей относятся производительность автомобилей и себестоимость перевозок.

Методика определения технико – эксплуатационных и экономических показателей и их влияния на производительность транспортных средств приведены в [3]

2. Транспортное обеспечение уборочных работ

2.1. Перевозка зерна от комбайнов на ток

Основную часть урожая зерновых культур (80 - 85 %) перевозят с полей на тока хозяйств, а затем после подработки на элеваторы и склады хозяйств.

Наиболее сложней по организации является линия перевозок комбайн-ток. Организация перевозок зерна от комбайнов на ток имеет ряд особенностей:

1. технологическая зависимость транспортных средств от уборочных машин;
2. выполнение сборочных операций, что увеличивает время погрузки;
3. значительная часть из общего пробега транспортных средств приходится на пробеги по полям и полевым дорогам.

Наукой и практикой разработано несколько способов транспортировки зерна от комбайнов на ток [2, 3, 7].

1. прямые перевозки;
2. перевозки с частичным разделением сборочных и транспортных операций (комбитрейлерные);
3. перевозки с полным разделением сборочных и транспортных операций.

Прямые перевозки зерна от комбайнов на ток осуществляются по схеме комбайн-автомобиль (тракторный транспортный агрегат) – ток.

Основным требованием, предъявляемым к построению технологических процессов уборки урожая, является обеспечение работы уборочных агрегатов без простоев, связанных с отсутствием транспортных средств.

Работа комбайнов может быть организована различными способами (одиночная работа, групповая и др.).

При прямых перевозках транспортные средства выполняют как сборочные, так и транспортные операции. При индивидуальной работе комбайнов из-за ожидания разгрузки бункеров простои транспорта и комбайнов достигают 50-70% от времени смены.

При групповой работе комбайнов, наряду с увеличением их производительности, сокращается потребность в транспортных средствах на 25-30%. При расчете количества комбайнов в группе учитывают вместимость кузовов транспортных средств в бункерах. При этом следует учитывать, что с увеличением количества комбайнов в группе снижается надежность системы. Так, при интенсивности отказов комбайна $\lambda = 0,56$ в час соотношение между средней наработкой на отказ группы M комбайнов $\frac{1}{\lambda M}$ и количеством M комбайнов в группе по данным [2] следующая:

М, ед	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наработка ч на отказ	1,8	0,9	0,6	0,45	0,36	0,3	0,26	0,22	0,20	0,18

Поэтому количество комбайнов в звене принимают не более 4-5.

Процесс перевозки зерна от комбайнов на ток складывается из элементов по сбору зерна из бункеров комбайнов на поле и транспортировки зерна с поля на ток. Установлено, что при увеличении грузоподъемности подвижного состава затраты на перевозку зерна снижаются, а на сбор – возрастают. Таким образом, целесообразно повышать грузоподъемность подвижного состава, сведя к минимуму затраты времени на сбор зерна.

Транспортное средство для сбора зерна должно быть приспособлено к движению по полю и не требовать больших затрат на передачу зерна (перегрузки) в транспортные средства, используемые для доставки его на ток. Наиболее удобным является передача зерна прицепом путем их перецепки. Поэтому для перевозки зерна от комбайнов на ток целесообразно применять комплексную систему (комбитрейлерную) перевозок, по которой зерно от комбайнов собирают и перевозят в прицепах или полуприцепах (трейлерах), буксируемых по полю тракторами, а по дорогам – автомобилями.

Порядок выполнения транспортных операций следующий.

Колесный трактор с одним – двумя прицепами собирает зерно от группы комбайнов на поворотной полосе или разгрузочной магистрали, доставляет его к полевой дороге и меняет загруженные прицепы на порожние (оборотные). Автомобиль, тягач, отцепив порожний прицеп на полевой дороге, загружается от комбайнов, прицепляет загруженный прицеп и доставляет зерно на ток.

Пока автопоезд доставляет зерно на ток, зерно от комбайнов выгружается в прицепы, буксируемые трактором по полю. После возвращения автопоезда порожние прицепы отцепляются и все операции повторяются.

При небольших расстояниях перевозки (до 8км) и тяжелых дорожных условиях зерно в прицепах перевозят трактором.

Разделение сборочных и транспортных операций дает возможность согласовать работу машин во времени, т.е. организовать работу уборочно-транспортного комплекса так, чтобы комбайны могли разгружаться сразу после наполнения бункеров, а автомобили загружаться по прибытии на поле. Для этого в поточную линию вводят промежуточное звено – компенсатор (промежуточная емкость), и зерно тогда перевозят по схеме комбайн-компенсатор-автомобиль-ток.

Компенсаторы подразделяются, в зависимости от выполнения функций, на: межоперационные и межсменные.

Межоперационные компенсаторы дают возможность организовать независимую работу транспортных и уборочных машин только на протяжении времени работы комбайнов.

Межсменные компенсаторы позволяют использовать транспортные средства и после остановки комбайнов, что дает возможность использовать

автомобили и после остановки комбайнов, т.е. организации двухсменной работы автомобилей при односменной работы комбайнов.

По характеру работы компенсаторы подразделяются на: передвижные, стационарно-передвижные и стационарные [2].

Схемы перевозок зерна от комбайнов с использованием компенсаторов различного типа приведены в [2, с.224].

Удельная продолжительность сборочно-транспортных операций, отнесенная к 1 т перевезенного зерна, снижается при использовании компенсаторов различного типа по сравнению с прямыми перевозками приблизительно в 2-5 раз.

Удельная продолжительность сборочно-транспортной операции определяется отношением продолжительности (времени, мин) сборочно-транспортных операций к количеству зерна, вмещающегося в кузов транспортного средства

$$t_{y\delta} = \frac{T_n}{Q} = \frac{T_{nep} + T_{нозр} + T_{ож} + T_{\phi}}{q_n \cdot \gamma}, \quad (24)$$

где: $t_{y\delta}$ – удельная продолжительность сборочно-транспортных операций, мин/т;

T_n - продолжительность сборочно-транспортных операций, мин;

T_{nep} - продолжительность переездов по полю, мин;

$T_{нозр}$ - продолжительность погрузки автомобиля, мин;

$T_{ож}$ - время ожидания автомобилем погрузки, мин;

T_{ϕ} – продолжительность перестроения автопоезда, мин;

Q – количество зерна, вмещающегося в кузов транспортного средства, т;

q_n - номинальная грузоподъемность транспортного средства, т;

γ - коэффициент использования грузоподъемности.

Применение компенсаторов позволяют также регулировать степень загрузки транспортного средства, чего не удастся при прямых перевозках, когда загружается целочисленное количество бункеров.

При работе комбайны рассредоточены по периметру убираемого участка или работают на отдельных загонах. Для полной загрузки автомобилю необходимо совершить несколько переездов по полю. Если водитель автомобиля точно знает место разгрузки каждого комбайна, количество минимальных переездов K_{min} будет равно[2]

$$K_{min} = C + 1, \quad (25)$$

где: K_{min} - количество минимальных переездов по полю;

C – количество мест погрузки автомобиля.

Корреляционный анализ результатов замера пробега автомобиля по полю

$$I_{\Pi} = 1,35 + 0,25K \quad \text{или}$$

$$I_{\Pi \min} = 1,35 + 0,25(C+1)$$

В среднем на один перевозимый бункер зерна приходится два переезда по полю, тогда пробег автомобиля I_{Π} по полю будет

$$I_{\Pi} = 1,35 + 0,5n_{\delta}, \quad (26)$$

где: n_{δ} - количество (целочисленное) бункеров зерна, перевозимое за рейс.

Минимальный пробег транспортных средств по полю может быть достигнут при их загрузке в одном месте. Таким местом могут служить разгрузочные магистрали.

Разгрузочные магистрали представляют собой поперечный прокос шириной 6...10 м и прокладываются за 2...3 прохода при прямом комбайнировании, с таким расчётом, чтобы между ними комбайн намлачивал целый бункер зерна и разгружался на магистрали.

Путь S_{δ} , проходимый комбайном до полного намолота бункера определяется по формуле:

$$S_{\delta} = \frac{10^4 \cdot V_{\delta} \cdot \rho}{h \cdot B_p}, \quad (27)$$

где: S_{δ} – путь, проходимый комбайном до полного намолота бункера, м

V_{δ} – объём бункера комбайна, м²;

ρ – плотность зерна, т/ м³;

h – урожайность, т/га;

B_p – рабочая ширина захвата жатки, м.

При прокладке разгрузочных магистралей следует исходить из общего числа бункеров, намлачиваемых на длине гона. Схемы прокладки разгрузочных магистралей на полях с различной длиной гона показаны на рис.7.

Использование разгрузочных магистралей дает возможность снизить пробег автомобилей по полю на 30-40%, при этом автомобили движутся одним и тем же маршрутом, в результате чего появляется накатанный участок, позволяющий увеличить техническую скорость движения.

Все это вместе взятое повышает, как показал опыт работы, производительность автомобилей на 15-19% [2].

При наличии разгрузочных магистралей в ряде случаев первую выгрузку зерна из дункера комбайна необходимо производить при намоте половины дункера (варианты 2, 4 и 6), чтобы в дальнейшем к моменту подхода к следующей разгрузочной магистрали комбайн намолочивал целый дункер зерна

Вариант	Количество дункеров зерна, намолачиваемых на длине гона	Количество разгрузочных магистралей в загоне	Размещение разгрузочных магистралей
1	0,5	1	
2	1	1	
3	1,5	2	
4	2	2	
5	2,5	2	
6	3	3	

S_d – длина пути для заполнения дункера комбайна

Места выгрузки зерна из дункера комбайнов на разгрузочных магистралях:

- – в конце поля
- (with dot) – при заполнении половины дункера (при первой выгрузке)
- (solid) – при заполнении целого дункера

Рисунок 4 – Схемы прокладки разгрузочных магистралей

2.2. Перевозки силосной массы

На перевозке зеленой массы от кормоуборочных комбайнов используется как автомобильный, так и тракторный транспорт.

Для сокращения пробега транспортных средств по полю прокладывают поперечные прокосы (транспортные магистрали) шириной 6-7 м. Расстояния между прокосами определяются величиной пройденного пути комбайна до заполнения кузова транспортного средства, применяемого для обслуживания комбайнов. При использовании разных типов транспортных средств эта величина определяется как средняя.

Перевозки зеленой массы выполняются, как и перевозки зерна от зерноуборочных комбайнов, по трём схемам: прямые перевозки, комбитрейлерные и с полным разделением сборочных и транспортных операций. [2,3,8].

Основным преимуществом прямых перевозок является простота организации транспортного обслуживания, возможность использования разномарочных транспортных средств.

При прямых перевозках транспортные средства загружаются от комбайнов, перемещаясь по полю рядом с комбайном до полной загрузки.

Однако при такой организации транспортного обслуживания наблюдаются значительные простои как комбайнов, так и транспортных средств.

Количество транспортных средств n_T для обслуживания n_K силосоуборочных (безбункерных) комбайнов определяется из равенства производительности уборочных W_K транспортных W_T машин.

$$n_K \cdot W_K = n_T \cdot W_T$$

И, следовательно, для обслуживания одного силосоуборочного комбайна количество транспортных средств n_T будет определяться отношением времени оборота (езды) $T_{об}$ транспортного средства ко времени заполнения кузова автомобиля (прицепа) $T_{зап}$.

$$n_T = \frac{T_{об}}{T_{зап}} \quad (28)$$

Время оборота транспортного средства

$$T_{об} = T_{дв} + T_n + T_p \quad , \quad (29)$$

где: $T_{об}$ - время оборота, ч;

$T_{дв}$ - время движения по дороге (туда и обратно), ч;

T_n - время пребывания на поле, ч;

T_p - время разгрузки, взвешивания, ч, $T_p = 6 \dots 8$ мин.

Время пребывания на поле

$$T_n = T_{зап} + T_{пер} + T_{ож} \quad , \quad (30)$$

где: T_{Π} - время пребывания автомобиля (прицепа) на поле, ч;
 $T_{\text{зап}}$ – время заполнения кузова автомобиля, ч;
 $T_{\text{пер}}$ – время переездов по полю, ч;
 $T_{\text{ож}}$ – время ожидания, ч;
 $T_{\text{ож}} = 2$ мин при групповой работе,
 $T_{\text{ож}} = 5$ мин при одиночной работе

Время переездов

$$T_{\text{пер}} = \frac{L}{V_n}, \quad (31)$$

где: L – длина гона, м;

V_n – скорость движения транспортного средства по полю, $V_{\Pi} = 16$ км/ч.

Время заполнения кузова определяется отношением

$$T_{\text{зап}} = \frac{q_n \cdot \gamma}{W_k}, \quad (32)$$

где: q_n – номинальная грузоподъемность автомобиля, т

γ – коэффициент использования грузоподъемности

W_k – часовая производительность комбайна, т/2.

$$W_k = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot h,$$

где: B_p – рабочая ширина захвата жатки комбайна, м;

V_p – рабочая скорость комбайна;

h – урожайность, т/га.

Комбитрейлерные перевозки зеленой массы от комбайнов к местам силосования выполняются подобно перевозкам зерна от комбайнов на ток, то есть при перевозках используются автомобили, тракторы, прицепы.

Комбитрейлерный метод особенно эффективен при расстояниях перевозки более 4 км.

При комбитрейлерных перевозках комбайны используются только группами по 2..3 комбайна, при этом зеленую массу транспортируют по двум схемам .

Схема 1. Колёсный трактор с прицепом движется рядом с комбайном и после заполнения прицепа буксирует его на край поля или до ближайшей дороги, где прицеп соединяют с уже загруженным автомобилем от комбайна. После этого автопоезд доставляет зелёную массу к месту силосования. (Прицепы можно буксировать и скоростными колесными тракторами). Во время отсутствия на поле автомобиля зеленую массу от комбайна загружают в прицепы, буксируемые колесным трактором.

Схема 2. Комбайнам, агрегатируемым с гусеничными тракторами класса 3 тс, специальным приспособлением прицепляют тракторный (2-ПТС-4, 2-ПТС-6) или автомобильный (ИАПЗ-754В, ГКБ-817) прицеп. После заполне-

ния его заменяют порожним – загруженный прицеп колесным трактором буксируют до ближайшей дороги. По дороге к месту закладки силосной массы на хранение прицеп буксируют автомобилем – тягачём или скоростным колесным трактором.

Организация перевозок зеленой массы от комбайнов с полным разделением сборочных и транспортных операций возможна при использовании оборотных технологических емкостей (прицепов) с разгрузкой (переменой технологических емкостей) на разгрузочных магистралях. [8].

Технологическая схема работы заключается в том, что к сцепке комбайна присоединяется прицеп на время загрузки, после загрузки прицеп автоматически отцепляется от сцепки комбайна, а в это время колесный трактор доставляет к комбайнам следующий порожний прицеп. Загруженные оборотные прицепы транспортируются трактором с тягачами к местам силосования. При этом возможны два варианта.

Первый вариант – тракторы-тягачи самостоятельно прицепляют порожние прицепы к комбайнам, а заполненные - транспортируют к силосной траншее.

Второй вариант – для замены прицепов от комбайна и доставки их на разгрузочные магистрали выделяют специальный трактор (полевое транспортное средство). Доставку прицепов к местам силосования выполняют тракторы-тягачи, которые буксируют, как правило, по два прицепа.

Во втором варианте уборочные агрегаты в меньшей степени зависят от работы транспортных средств.

В качестве полевых транспортных средств целесообразно использовать тракторы класса 1,4 тс, а в качестве оборотных емкостей прицепы типа 2-ПТС-4-887Б, ПСЕ-12,5А, ГКБ-8526, ПСЕ-20 и др.

С целью снижения затрат ручного труда при замене оборотных прицепов и формирования тракторных поездов могут быть применены средства механизации: - гидрофицированная и автоматическая сцепки к комбайнам [8].

Определение объёма перевозок, расчет необходимого количества транспортных средств для обслуживания уборочных агрегатов см. в разделах 1.2 и 1.3.

3. Расчет транспортных средств при поточной организации работ

Поточный метод, как наиболее совершенная форма использования техники, применяется на посеве, внесении удобрений, уборке сельскохозяйственных культур и других механизированных работах в растениеводстве.

Условием поточности является равенство производительности по всем группам машин .

Расчет рассмотрим на примере звена для уборки зерновых культур.

Для уборочно-транспортного звена (УТЗ) на уборке зерновых культур это равенство часовой производительности группы комбайнов и часовой производительности группы транспортных средств можно выразить количеством намолачиваемых и отвозимых бункеров зерна:

$$\frac{n_k}{T_{\text{ц}}} = \frac{n_T \cdot n_{\text{б}}}{T_{\text{об}}}, \quad (33)$$

где: n_k – количество комбайнов в группе, определяется по выражению – (9);

$T_{\text{ц}}$ – время цикла комбайна, ч;

n_T – количество транспортных средств;

$n_{\text{б}}$ – количество бункеров зерна, вмещающихся в кузов транспортного средства;

$T_{\text{об}}$ – время оборота транспортного средства, ч;

Количество бункеров зерна, вмещающихся в кузов транспортного средства, определяется отношением:

$$n_{\text{б}} = \frac{V_k}{V_{\sigma}},$$

где: V_k – объем кузова, м³;

V_{σ} – объем бункера, м³.

Время оборота транспортного средства:

$$T_{\text{об}} = T_{\text{д}} + T_{\text{п}} + T_{\text{р}}, \quad (34)$$

где: $T_{\text{д}}$ – время движения по дороге (туда и обратно), ч;

$T_{\text{п}}$ – время погрузки зерна от комбайна, включая время переезда, ч;

$T_{\text{р}}$ – время разгрузки, включая взвешивание, оформление документов, ч. ($T_{\text{р}}=8-10$ мин).

Время движения:

$$T_{\text{д}} = \frac{2S_{\text{г}}}{V_{\text{т}}},$$

где: $S_{\text{г}}$ – расстояние перевозок, км;

$V_{\text{т}}$ – техническая скорость движения по дороге, км/ч.

Время погрузки:

$$T_{\text{п}} = t_{\text{выг}} \cdot n_{\text{б}} + t_{\text{пер}} (n_{\text{б}} - 1),$$

где: $t_{\text{выг}}$ – время выгрузки зерна из бункера комбайна, ч; ($t_{\text{выг}}=3..5$ мин);

$t_{\text{пер}}$ – время переезда транспортного средства от одного комбайна к другому, ч ($t_{\text{пер}}=1..3$ мин).

Время цикла комбайна:

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{б}} + t_{\text{выг}}, \quad (35)$$

где: t_6 – время наполнения бункера комбайна, м³.

Время наполнения бункера комбайна определяют по формуле:

$$t_6 = \frac{V_6 \cdot \rho \cdot \lambda}{0.1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot h \cdot \tau_6}, \quad (36)$$

где, V_6 – объем бункера, м³.

λ – коэффициент наполнения бункера

ρ – плотность зерна, т/м³;

B_p – рабочая ширина захвата жатки комбайна, м;

V_p – рабочая скорость комбайна, км/ч;

h – урожайность с.х. культуры, т/га;

τ_6 – коэффициент использования времени наполнения бункера,
 $\tau_6=0,9$.

Рабочая скорость комбайна определяется по пропускной способности;

$$V_p = \frac{36 \cdot q \cdot k_{об} \cdot E_n}{B_p \cdot h(1 + \delta)}, \quad (37)$$

где: q – пропускная способность комбайна, кг/сек;

$k_{об}$ – обобщающий поправочный коэффициент, учитывающий условия уборки [4];

E_n – коэффициент использования пропускной способности комбайна,
 $E_n = 0,8$.

δ – коэффициент солоmistости убираемой с.х. культуры, ($\delta=1..2$).

Таким образом, количество транспортных средств для бункерных агрегатов с учетом вышеизложенного и формулы (33) будет определяться выражением:

$$n_T = \frac{n_k \cdot T_{об}}{T_{ц} \cdot n_6} \quad \text{или} \quad n_T = \frac{T_{об}}{T_{ц}} \cdot \frac{n_k}{n_6}. \quad (38)$$

При обслуживании уборочного агрегата без бункера транспортное средство должно сопровождать его до полного заполнения кузова. Количество транспортных средств будет определяться отношением времени оборота $T_{об}$ транспортного средства ко времени заполнения кузова $T_{зан}$

$$n_T = \frac{T_{об}}{T_{зан}} \quad (39)$$

Время заполнения кузова определяется по формуле:

$$T_{зан} = \frac{q_n \cdot \gamma}{W_k}, \quad (40)$$

где: q_n – номинальная грузоподъемность транспортного средства, т;

γ – коэффициент использования грузоподъемности;

$$\gamma = \frac{V_k \cdot \rho}{q} \quad (41)$$

W_k – производительность комбайна по количеству перерабатываемой массы за 1 час рабочего времени, т/ч.

$$W_k = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot h \cdot \tau_{зан}, \quad (42)$$

где: $\tau_{зан}$ – коэффициент, учитывающий использование времени
заполнения кузова, $\tau_{зан} = 0,9$

Полученные результаты расчетов по формулам (38) и (39) количества транспортных средств для обслуживания уборочных агрегатов округляют в большую сторону, чтобы исключить простои комбайнов. Однако такой метод не учитывает вероятности отклонения принятых к расчету условий работы параметров агрегатов.

Следовательно, возможны случаи простоя агрегатов в смежных звеньях потока, что вызывает снижение их производительности.

С целью рационального использования техники необходимо оценивать вероятность простоя агрегатов. Применение методов теории массового обслуживания позволяет проанализировать явления, происходящие на стыках производственных процессов при их поточной организации.

Два смежных производственных процесса одного потока можно рассматривать как систему обслуживания, при которой агрегаты, выполняющие один процесс (например, уборка зерновых) будут обслуживаемыми, а агрегаты, выполняющие второй процесс (например, транспортный) – обслуживающими [4];

Оптимальное число транспортных средств в уборочно-транспортном звене можно определить методом теории массового обслуживания, по критерию оптимальности \bar{C} , обеспечивающему минимум потерь от взаимного ожидания или по вероятности отказа в обслуживании $P_{отк}$.

$$\bar{C} = P_o \frac{Ц_K}{Ц_T} + n_o \rightarrow \min, \quad (43)$$

где: \bar{C} – критерий оптимальности (при обслуживании одного комбайна);

P_o – вероятность простоя комбайна из-за отсутствия транспортного средства в момент заполнения бункера зерном;

$Ц_K$ и $Ц_T$ – оптовая цена комбайна, автомобиля;

n_o – среднее число простаивающих транспортных средств в ожидании заполнения бункера комбайна.

Вероятность простоя одного комбайна имеет вид:

$$P_o = \frac{1}{1 + n \cdot \alpha + n \cdot (n-1) \cdot \alpha^2 + n \cdot (n-1) \cdot (n-2) \cdot \alpha^3 + \dots + n \cdot (n-1) \cdot \dots \cdot 1 \cdot \alpha^n} \quad (44)$$

Среднее число простаивающих транспортных средств в ожидании заполнения бункера комбайна:

$$n_o = n - (1 - P_o)(1 + 1/\alpha),$$

где: n – текущее число транспортных средств

При отказе в обслуживании комбайна транспортным средством в момент заполнения бункера, выгрузка должна осуществляться в технологический компенсатор.

Вероятность отказа в обслуживании $P_{отк}$ определяется по формуле:

$$P_{отк} = \frac{\alpha^n}{n!} \cdot P_o^m, \quad (45)$$

где $\alpha = \frac{\lambda}{\mu}$;

λ – плотность заявок на обслуживание (количество бункеров зерна наполненных за час);

μ – интенсивность обслуживания (количество бункеров зерна отвезенных транспортным средством от комбайнов за 1 час);

n – число обслуживающих транспортных средств;

P_o^m – вероятность одновременного простоя всех транспортных средств из-за отсутствия заполнения бункеров.

Значение P_o^m на основе теории массового обслуживания для систем с отказами:

$$P_o^m = \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{1!} + \frac{\alpha^2}{2!} + \dots + \frac{\alpha^n}{n!}}, \quad (46)$$

Задавая приемлемое для заданных условий эффективное значение $P_{отк}^э$, можно определить эффективное требуемое число транспортных средств $n_э$ в звене.

Для исключения простоя комбайнов необходимая вместимость $V_{МК}$ межсменного компенсатора:

$$V_{МК} = N_{\bar{o}} \cdot P_{отк} \cdot V_{\bar{o}}, \quad (47)$$

где $N_{\bar{o}}$ – количество бункеров зерна намолоченное звеном за один день;

$$N_{\bar{o}} = \lambda \cdot T_{см} \cdot \delta,$$

где: δ – коэффициент сменности;

$V_{\bar{o}}$ – емкость бункера зерноуборочного комбайна, м³.

Подробное изложение методики расчетов и примеры их выполнения см. в [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Зангиев А.А., Скороходов А.Н. Практикум по эксплуатации МТП. – М.: Колос, 2006. – 318 с.4
2. Капланович М.С. Справочник по с.х. транспортным работам. - М.: Агропромиздат, 1988. - 366 с.8
3. Миронюк С.К. Использование транспорта в сельском хозяйстве.-М.:Колос, 1982. – 288 с.10
4. Правила производства механизированных работ в полеводстве/ Составитель К.С. Орманджи. Россельхозиздат, 1983. – 286 с.11
5. Курсовое проектирование по дисциплине «Эксплуатация машинно-тракторного парка». Методические указания и задания для студентов инженерного факультета/ Рехтин А.С., Степанов Н.В. Иркутск, 2011. – 92 с.
6. Рунчев М.С., Сисюкин Ю.М., Чупринин Н.И. Поточная организация полевых работ.-М.: Колос, 1981. – 239 с.15
7. Совершенствование организации работы транспорта на уборке урожая зерновых культур. Рекомендации. - М.: 1985.16
8. Технологии транспортного обеспечения кормоуборочных комбайнов на заготовке измельчённых кормов. Рекомендации/Блынский Ю.Н. Новосибирск. 1991 – 27 с.18
9. Нормы расхода топлива и смазочных материалов на автомобильном транспорте.- Ростов н/Д: Феникс, 2008
10. Грузовые автомобильные перевозки. Сарафанова Е.В., Евсеева А.А., Концев Б.П. - М.: Транспорт, 2013.
11. Шок, О.В. Транспорт в сельском хозяйстве [Текст]: метод. указание к проведению лабораторных и практических занятий / ФГБОУ ВПО СГАУ ; Сост.: О. В. Шок, Г. В. Левченко. - Саратов: ФГБОУ ВПО "Саратовский ГАУ", 2013. - 92 с.
12. Олещенко Е. М. Основы грузозведения: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / Е. М. Олещенко, А. Э. Горев – М.: Изд. центр «Академия», 2008.
13. Туревский И.С. Автомобильные перевозки. М.: Форум, ИНФРА-М. 2009.- 224 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1	Использование транспортных средств	3
1.1	Объем перевозок, грузооборот и грузопотоки.....	3
1.2	Выбор типа транспортных средств.....	6
1.3	Выбор технических средств для механизации погрузочно - разгрузочных работ при использовании транспортных средств в сельском хозяйстве.....	10
1.4	Расчет количества транспортных средств.....	11
1.5	Технико-эксплуатационные и экономические показатели использования транспортных средств.....	19
2	Транспортное обеспечение уборочных работ.....	19
2.1	Перевозки зерна от комбайнов на ток.....	19
2.2	Перевозки силосной массы.....	24
3	Расчет транспортных средств при поточной организации работ.....	27
	Литература.....	32

Степанов Николай Васильевич

ТРАНСПОРТ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Методические указания

Молодёжный, 2021

**Методические указания
для студентов инженерного факультета
направление подготовки
44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)**