

7 Перевозки сельскохозяйственных грузов

7.1 Перевозки силосной массы

Среди сельскохозяйственных грузов перевозки силосной массы, сенажа и других кормов занимают одно из первых мест.

Между тем среднесуточная производительность подвижного состава автомобильного транспорта на перевозках силосной массы, сенажа и других кормов с полей и плантаций составляет 14...16 т, т.е. даже ниже, чем на перевозках зерна с токов на элеваторы; в общей трудоемкости возделывания и уборки кормовых культур погрузочно-разгрузочные и транспортные работы составляли около 70 %, простои транспортных средств под погрузкой и разгрузкой – 35...50% от времени нахождения в работе; велики простои уборочной техники в ожидании транспортных средств.

Перевозки силосной массы относятся к внутрихозяйственным перевозкам (исключение перевозки для переработки на травяную муку) и является сборочно-транспортными процессами.

Особенностями перевозок силосной массы являются: самый большой период их выполнения (с первых укосов трав и кормовых культур до наступления заморозков, в южных районах РФ обычно с середины апреля до второй половины ноября), совпадение по срокам осуществления с уборкой урожая практически всех сельскохозяйственных продуктов.

Как и на транспортный процесс других видов сельскохозяйственных продуктов, на перевозки силосной массы накладываются технические ограничения, главными из которых является соответствие производительности и типов уборочных, транспортных, погрузочно-разгрузочных и заготовительных (перерабатывающих) средств.

Однако потребность в силосной массе определяется объемом устройств для ее силосования (ям, траншей, башен и т.д.), производительностью сушильных агрегатов, потреблением ее животными.

Для сохранения качества и питательной ценности зеленой массы, поступающей на корм скоту, и для приготовления травяной муки необходимо подвозить ее в течение суток в первом случае в соответствии с установленным рационом, а во втором – в соответствии с производительностью сушильного агрегата, не допуская хранения массы свыше 4 ч.

Исходя из потребностей сельскохозяйственных предприятий, межхозяйственных объединений и животноводческих комплексов в зеленой массе по периодам “зеленого конвейера” на разные цели следует устанавливать объемы ее уборки, потребность в уборочной технике и транспортных средствах для обеспечения бесперебойной работы и ритмичного подвоза продукции к местам заготовки, переработки и скармливания скоту.

Время загрузки одной траншеи силосом находится в пределах 2...5 дней. При сроке закладки свыше 5 дней резко снижается качество силоса и увеличиваются его потери.

До настоящего времени применяется обслуживание комбайнов и перевозка силосной массы автомобилями или колесными тракторами с прицепами.

Разгрузка бортовых автомобилей при доставке зеленой массы для силосования в башнях, приготовления сенажа, а также для переработки на травяную муку требует привлечения тракторов для выгрузки силосной массы из автомобильных кузовов с помощью сеток и других приспособлений. непрерывная подача массы для закладки на сенаж или приготовление травяной муки требует создания запасов зеленой массы, что приводит к порче и дополнительной перевалке.

При доставке зеленой массы для силосования или приготовления сенажа в траншеях автомобили заезжают в траншею и разгружаются с помощью гусеничных тракторов, отвлекаемых для этого от трамбовки массы, непрерывность которой – обязательное условие получения качественного сенажа.

Применение тракторов с самосвальными прицепами значительно упрощает и ускоряет выгрузку зеленой массы, так как не требуется дополнительных механизмов и применения ручного труда, сокращаются ее запасы при закладке в башни, переработке на травяную муку и скармливание скоту, тракторы не отвлекаются от трамбовки массы.

Кроме того, при перевозках силосной массы автомобили вынуждены, загружаясь от комбайнов, работать в тяжелых для них условиях движения по полям со скоростями, равными скоростям движения силосоуборочных комбайнов.

Несмотря на явные преимущества применения на перевозках силосной массы тракторов с прицепами, преобладающая часть этих перевозок осуществляется подвижным составом автомобильного транспорта.

На Рисунок 7.1 приведены некоторые схемы перевозки силосной массы и кормов, которые успешно применяются в сельскохозяйственных предприятиях в средней климатической полосе.

Расчеты показывают, что тракторные поезда на перевозке силосной массы следует использовать при расстояниях до 7 км, и особенно при низкой урожайности убираемых культур. Во всех случаях желательно применять самосвальные транспортные средства с равными параметрами (временем оборота и грузоподъемностью).

Хорошие результаты на перевозке силосной массы от комбайнов дает специальный прицеп ПСЕ-12,5. Сочетание прицепа ПСЕ-12,5 с комбайном КС-1,8 “Вихрь” образует кормоуборочный комплекс СОЖ-1. Наличие высоких бортов и крыши у прицепа исключает потери измельченной массы, а задний автоматически открывающийся клапан позволяет трактористу выгружать массу, не выходя из кабины. Производительность комплекса в 1,2 раза выше обычных тракторных поездов.

Для сбора и перевозки измельченной массы от силосо-, кукурузо- и кормоуборочных комбайнов и косилок – измельчителей предназначен специальный прицеп-емкость ПСЕ-20. Прицеп-емкость для перевозки измельченной массы загружают комбайнами КСК-100, КПКУ-75, КС-1,8 “Вихрь” и др.

При перевозке силосной массы автомобилями-самосвалами задний борт необходимо заменить откидной решеткой, которая навешивается на стойки, устанавливаемые в задней части кузова.

Для предотвращения потерь зеленой массы от выдувания автомобилями следует снабдить крупноячеистыми веревочными сетками, набрасываемые на

кузов после погрузки. При движении транспортных средств по полю во время загрузки радиатор забивается измельченной зеленой массой, что приводит к перегреву двигателя. Чтобы избежать этого, перед радиатором ставят металлическую сетку или натягивают марлю.

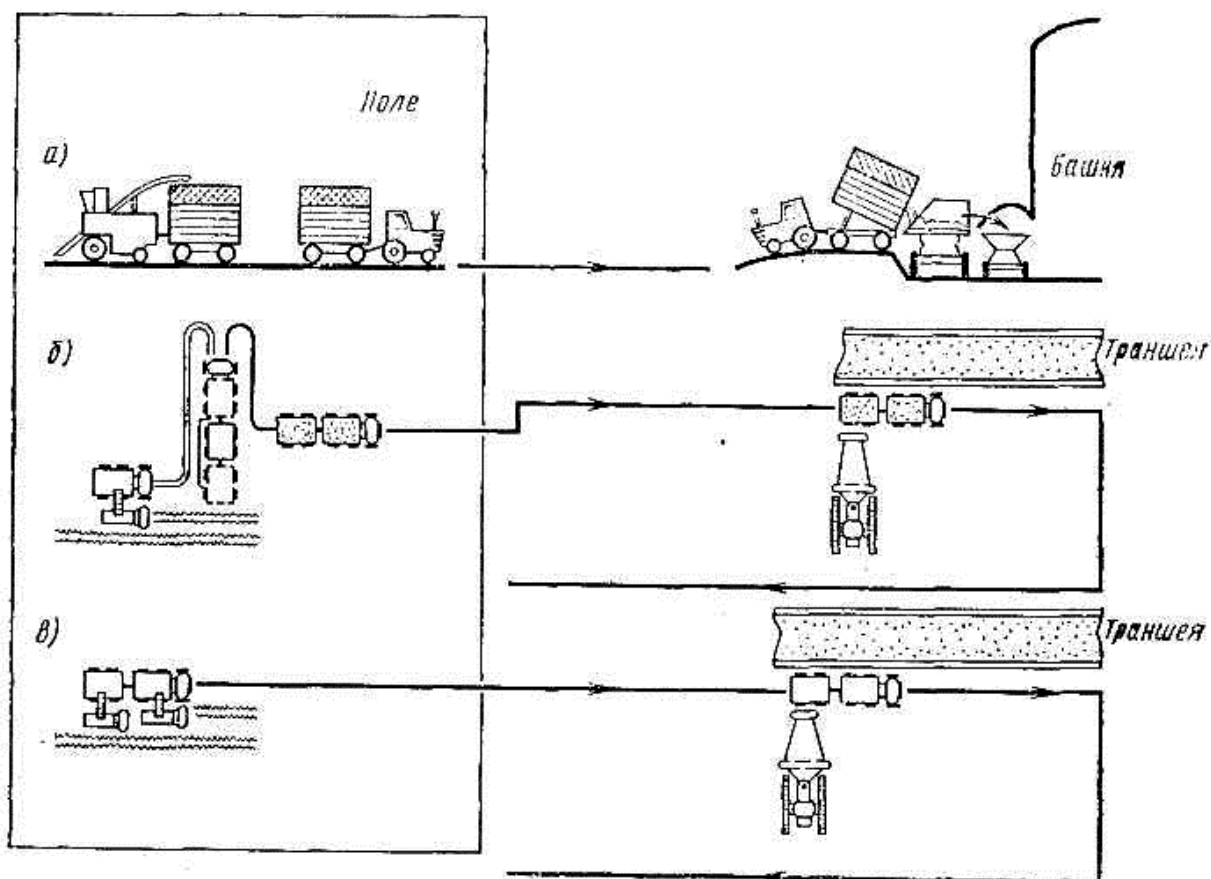


Рисунок 10.1 - Схемы перевозок силосной массы и кормов: а – перевозка тракторами МТЗ-80 с оборотными прицепами 2-ПТС-4; б – перевозка автопоездами ЗИЛ-130 с прицепами с увеличенным объемом кузовов и оборудованными для разгрузки трактором с толкателем; в – загрузка автопоездов одновременно двумя силосоуборочными комбайнами и разгрузка трактором с толкателем

Условия работы уборочно-транспортных комплексов по заготовке силосных культур отличаются большим разнообразием. Основные факторы, характеризующие и определяющие эффективность их работы, - это урожайность убираемых культур и расстояние перевозок.

Транспорт на уборке урожая силосных культур применяют с закреплением группы транспортных средств за группой уборочных машин (прямые перевозки); с использованием сменных (оборотных) прицепов; с перегрузкой зеленой массы в большегрузные транспортные средства.

Прямые перевозки наиболее распространены. На заготовке силоса транспорт может работать с любыми силосоуборочными машинами, на заготовке сенажа – с высокопроизводительными комбайнами КСК-100 и Е-281.

На прямых перевозках силосной массы при хорошем состоянии дорог применяют автомобильные поезда как самосвальные, так и бортовые. В автомобильном поезде сначала загружают прицеп, а затем автомобиль. Кузов за-

полняют в направлении от заднего борта к переднему.

При планировании потребности в транспорте для обслуживания уборочных машин при прямых перевозках целесообразно первоначально определить необходимое число транспортных средств одной марки.

При наличии в хозяйстве в период уборки различных транспортных средств рациональный тип транспорта для организации прямых перевозок целесообразно выбирать по прямым эксплуатационным затратам.

При организации перевозок со сменными прицепами транспортные средства могут работать с прицепами, буксируемыми при сборе зеленой массы колесными тракторами или с прицепами, буксируемыми при сборе зеленой массы уборочным агрегатом.

По первой схеме колесный трактор с прицепом движется рядом с комбайном и после заполнения прицепа буксирует его до ближайшей дороги. По дороге к месту закладки силосной массы прицеп перемещает автомобиль-тягач, загружаемый от комбайна без очереди. Сменные прицепы можно буксировать колесными тракторами. Вместо прицепа при такой технологии используют также полуприцепы. При этом трактор, собирающий силосную массу от комбайнов на поле и доставляющий ее к дороге, обеспечивают специальной подкатной тележкой с седельным устройством.

По второй схеме, используемой при невысокой урожайности и небольших расстояниях перевозок (2...3 км) и недостатке автомобилей суть технологии заключается в том, что к комбайну присоединяют автомобильный или тракторный прицеп, который заполняют при работе комбайна. После заполнения прицепа агрегат останавливают и прицеп меняют. Прицепы к местам закладки доставляют либо тракторами, либо автомобилями, загружаемыми от комбайнов без очереди.

При организации разгрузки недопустимыми буксировка автомобилей тракторами в силосные траншеи и затягивание их на бурты, так как в этом случае увеличиваются износы транспортных средств, продолжительность и стоимость разгрузки, а также снижается качество силосной массы.

Максимальной эффективности процесса разгрузки достигают при применении самосвальных транспортных средств. Для сталкивания силосной массы с платформ бортовых транспортных средств применяют разгрузчики, смонтированные на гусеничных тракторах.

Простыми и удобными средствами выгрузки силосной массы из бортовых транспортных средств служат проволоочные или веревочные сетки с двумя поперечными растяжками и проушинами, кольцами или крюками на концах (типа гамака). Перед погрузкой массы в транспортное средство сетку расстилают на его платформе так, чтобы одна из поперечин находилась у переднего борта, растяжку с кольцом перебрасывают через передний борт, а растяжку с крюком на другом конце сетки укладывают около заднего борта. При разгрузке открывают задний борт, продевают буксирный трос трактора через кольцо переднего конца сетки и закрепляют трос за крюк заднего конца сетки. При стягивании сетки с платформы она плотно облегает массу. У места складывания массы крюк отцепляют от троса и за кольцо извлекают сетку из-под массы.

Для выгрузки силосной массы из современных бортовых автомобилей

применяют переоборудованные автомобилеразгрузчики, например ГУАР-15Н.

7.1.1 Обоснование оптимальной грузоподъемности и рабочей скорости транспортного агрегата

Улучшение показателей ресурсосбережения транспортных агрегатов достигается путем оптимизации грузоподъемности и рабочей скорости.

При перевозке измельченной зеленой массы грузовыми автомобилями в первую очередь выбирается автомобиль и определяется его грузоподъемность Q_a по условию наиболее полной загрузки двигателя с учетом дорожных условий и возможности наращивания бортов.

Соответствующая рабочая скорость v_a определяется по балансу мощности с учетом дорожных условий.

Для тракторных транспортных агрегатов в общем случае имеется несколько вариантов прицепов и соответственно возможна оптимизация грузоподъемности и рабочей скорости. Критерий оптимальности соответствует минимуму удельных энергозатрат при рабочем ходе агрегата

$$E_{TP} = \frac{3,6 \cdot N_H \cdot \varepsilon_N}{K_\Gamma \cdot Q_\Pi \cdot v_\Pi} \rightarrow \min, \quad (7.1)$$

где E_{TP} – удельные энергозатраты, кДж/ткм; N_H – мощность трактора, кВт; ε_N – коэффициент загрузки двигателя; Q_Π – номинальная грузоподъемность прицепа, т; K_Γ – коэффициент использования грузоподъемности при перевозке зеленой массы; v_Π – рабочая скорость, км/ч.

Произведение $Q_\Pi K_\Gamma$ можно выразить в виде

$$Q_\Pi K_\Gamma = \frac{P_{KP}}{K_{ТП}}, \quad (7.2)$$

где P_{KP} – тяговое усилие трактора, кН; $K_{ТП}$ – удельное тяговое сопротивление прицепа, кН/т.

Критерий оптимальности (7.1) при этом примет вид

$$E_{TP} = \frac{3,6 \cdot N_H \cdot \varepsilon_N \cdot K_{ТП}}{P_{KP} \cdot v_\Pi} = 3,6 \frac{K_{ТП}}{\eta_T} \rightarrow \min, \quad (7.3)$$

где η_T – тяговый КПД трактора.

Численное значение $K_{ТП}$ определяем на основании общего тягового сопротивления прицепа P_Π

$$P_\Pi = Q_\Pi \cdot g \cdot \left[\frac{\psi_T}{\sigma_T} + (\sigma_\Pi + K_\Gamma) \psi_\Pi \right] + P_B, \quad (7.4)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²; $\psi_T = f_T \cos \alpha \pm \sin \alpha$; $\psi_\Pi = f_\Pi \cos \alpha \pm \sin \alpha$; f_T , f_Π – коэффициенты сопротивления качению трактора и прицепа; α – средний угол склона пути, град.

$$\sigma_T = \frac{Q_\Pi}{m_T}; \quad \sigma_\Pi = \frac{m_\Pi}{Q_\Pi};$$

где m_T , m_Π – эксплуатационные массы трактора и прицепа; P_B – сопротивление воздуха.

Определяем сопротивление воздуха

$$P_B = \frac{K_W \cdot F_{ЛП} \cdot v_{П}^2}{13}, \quad (7.5)$$

где K_W – коэффициент обтекаемости; $F_{ЛП}$ – площадь лобовой поверхности прицепа, м^2 .

Численное значение $F_{ЛП}$ зависит от вместимости прицепа или от грузоподъемности $Q_{П}$.

Принимаемая приближенно $F_{ЛП} = K_F \cdot Q_{П}$, получим

$$P_B = \frac{K_W \cdot K_F \cdot Q_{П} \cdot v_{П}^2}{13} \quad (7.6)$$

На основании (10.4, 10.6) получим развернутое выражение удельного тягового сопротивления прицепа

$$K_{ТП} = g \cdot \left[\frac{\psi_T}{\sigma_T} + (\sigma_{П} + K_{Г}) \psi_{П} \right] + 0,077 K_W \cdot K_F \cdot v_{П}^2. \quad (7.7)$$

Тяговый КПД трактора η_T в (10.3) определяем из равенства

$$\eta_T = \eta_M \cdot \left(1 - \frac{\psi}{P_{Э} \cdot \varepsilon_N \cdot \eta_M} \right) \cdot (1 - \delta), \quad (7.8)$$

$$\text{где } P_{Э} = \frac{3,6 \cdot N_H}{m_T \cdot g \cdot v_{П}} = \frac{3,6 \cdot \mathcal{E}}{g \cdot v_{ПТ}}, \quad \mathcal{E} = \frac{N_H}{m_T}; \quad (7.9)$$

где \mathcal{E} – энергонасыщенность трактора, кВт/т; $v_{ПТ}$ – теоретическая скорость, км/ч; η_M – КПД трансмиссии трактора.

Буксование δ имеет вид

$$\delta = \frac{a \cdot (P_{Э} \cdot \varepsilon_N \cdot \eta_M - \psi_T)}{b + \psi_T - P_{Э} \cdot \varepsilon_N \cdot \eta_M}, \quad (7.10)$$

где a, b – эмпирические коэффициенты.

Критерий оптимальности (7.3) с учетом

$$v_{П} = v_{ПТ}(1 - \delta) \quad (7.11)$$

получим

$$E_{TP} = \frac{3,6 \cdot g \cdot \left[\frac{\psi_T}{\sigma_T} + (\sigma_{П} + K_{Г}) \psi_{П} \right] + 0,077 K_W \cdot K_F (1 - \sigma)^2 v_{ПТ}^2}{\eta_M \left(1 - \frac{\psi}{P_{Э} \cdot \varepsilon_N \cdot \eta_M} \right) \cdot \left[1 - \frac{a \cdot (P_{Э} \cdot \varepsilon_N \cdot \eta_M - \psi_T)}{b + \psi_T - P_{Э} \cdot \varepsilon_N \cdot \eta_M} \right]} \rightarrow \min \quad (7.12)$$

Из этого равенства в результате численного решения определяем оптимальную теоретическую скорость $v_{ПТ\text{opt}}$. Затем на основании (7.9, 7.10, 7.11) при $v_{ПТ} = v_{ПТ\text{opt}}$ рассчитываем $P_{Э\text{opt}}$, δ_{opt} и оптимальной скорости транспортного агрегата с грузом

$$v_{П\text{opt}} = v_{ПТ\text{opt}}(1 - \delta_{\text{opt}}). \quad (7.13)$$

По значению $v_{П\text{opt}}$ или $v_{П\text{орт}}$ выбираем соответствующие передачи трактора с номинальным тяговым усилием $P_{КР\text{Hopt}}$, по которому при $v_{П} = v_{П\text{opt}}$ рассчитываем оптимальную грузоподъемность прицепа

$$Q_{П\text{opt}} = \frac{\varepsilon_{КР} \cdot P_{КР\text{Hopt}} - g \cdot m_T \cdot \psi_T}{K_{ТП}}, \quad (7.14)$$

где $\varepsilon_{кр}$ – допустимый коэффициент использования номинального тягового усилия.

По значению Q_{Π} выбираем соответствующий прицеп с вместимостью кузова

$$\Omega_{Порт} = Q_{\Pi} \cdot K_{Г} \cdot \rho_{\Pi}, \quad (7.15)$$

где ρ_{Π} – плотность зеленой массы в кузове, т/м³.

Далее определяем фактическую загрузку трактора известными методами с учетом ограничений $v_{Порт} \leq v_{ПД}$, $\Omega_{Порт} \leq \Omega_{ПД}$.

Если пренебрегаем влияние скорости на тяговое сопротивление прицепа, тогда $K_w = 0$.

Наличие оптимального решения по критерию $E_{Тр} \rightarrow \min$ показано на рис.7.2. При этом получены оптимальные значения $v_{opt} = 3,54$ м/с, $\delta_{opt} = 12$ %, $\eta_T = 0,57$ для транспортных агрегатов в составе трактора МТЗ-80 с прицепами ПСЕ-12,5 имеющим грузоподъемность $Q_{\Pi}=4$ т и ПСЕ-20 с $Q_{\Pi} = 6$ т. Оптимальному режиму работы ТА соответствуют минимальные удельные энергозатраты $E_T = 12,62$ кДж/ткм. На рис. 7.3 показана зависимость основных показателей работы транспортных агрегатов (трактор Т-150К, прицеп ПСЕ-30, $Q_{\Pi} = 9$ т) от скорости. При этом получены оптимальные значения $v_p = 2,52$ м/с, $\eta_T = 0,63$, $\delta_{opt} = 0,108$, а удельные энергозатраты $E_T = 11,81$ кДж/ткм.

Для сравнительного анализа выполнены также расчеты по максимуму тягового КПД $\eta_T \rightarrow \max$.

В результате этих расчетов получено: $v_{opt}=3,64$ м/с, $\delta = 0,09$ при $\eta_T = 0,585$. При этом удельные энергозатраты $E_T = 12,92$ кДж/ткм, что на 2,3 % больше минимальных $E_{Tmin}=12,62$ кДж/ткм.

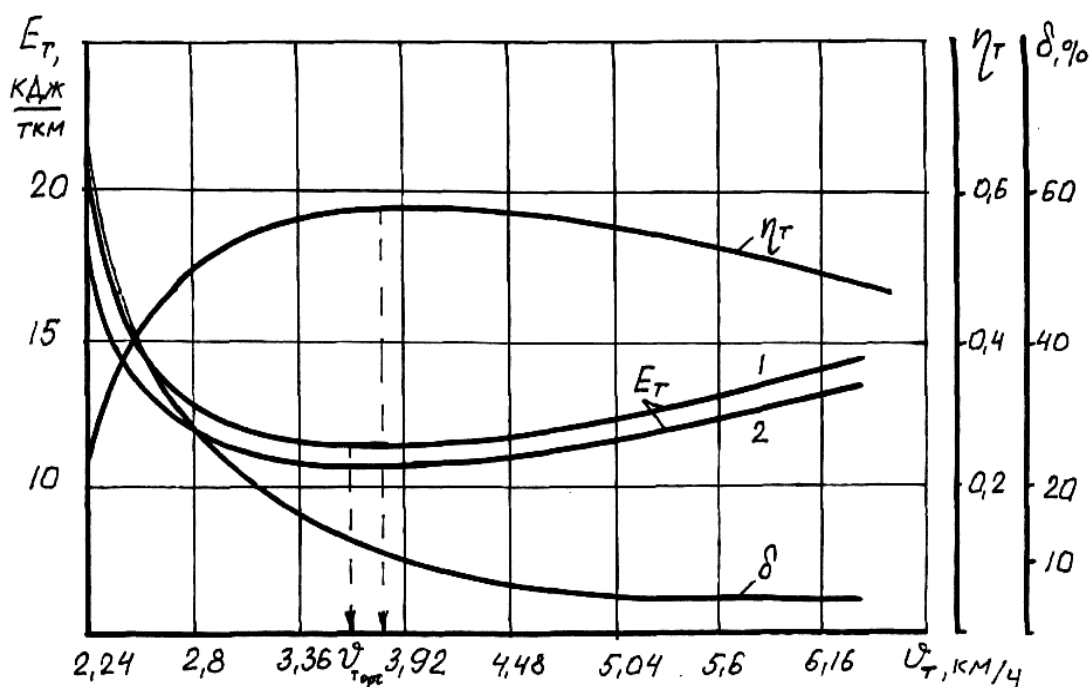


Рисунок 7.2 - Зависимости удельных энергозатрат E_T , тягового КПД η_T и буксования δ транспортного агрегата от скорости: 1 - грузоподъемность прицепа $Q_{\Pi}=4$ т; 2 - грузоподъемность прицепа $Q_{\Pi}=6$ т

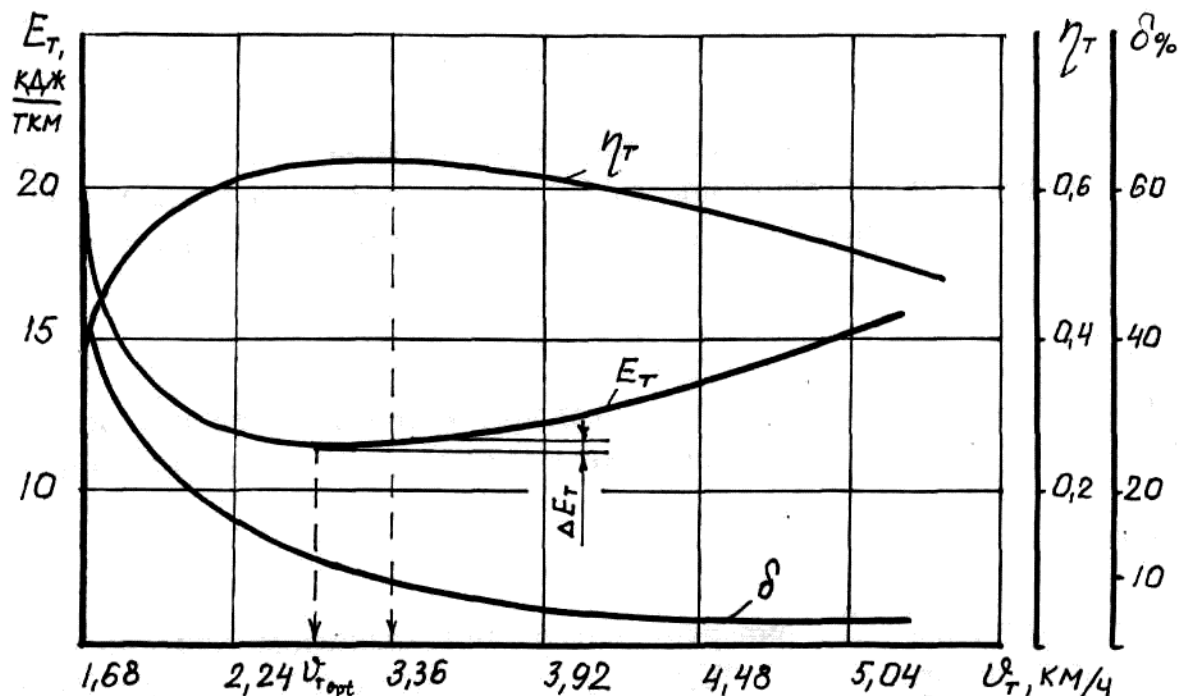


Рисунок 7.3 - Зависимости основных показателей работы транспортных агрегатов от скорости. Трактор Т-150К, прицеп ПСЕ-30 $Q_{\Pi} = 9$ т.

При определении оптимальных значений рабочей скорости v_{opt} и грузоподъемности прицепа $Q_{порт}$ по минимуму удельных энергозатрат $E_T \rightarrow \min$ в соответствии с (7.1) имеют место слишком малые скорости в сочетании с большой грузоподъемностью. Поскольку перевозка зеленого корма может осуществляться только на одном прицепе, габариты кузова которого тоже ограничены, то критерий $E_T \rightarrow \min$ обычно невозможно реализовать. Поэтому вместо оптимальных определяются рациональные значения скорости v_p и грузоподъемности из баланса мощности с учетом условий движения.

На основании ранее полученных соотношений

$$N_H = P_N \cdot \Pi_H, \quad (7.16)$$

$$\Pi_H = Q_{\Pi} \cdot v_p \quad (7.17)$$

можно заключить, что эти равенства эквивалентны, поэтому значения Q_{Π} и v_p проще определить из (7.17). Для этого в зависимости от класса груза и группы дорог по нормативным данным выбираем рабочую скорость v_p , и рассчитываем соответствующую грузоподъемность

$$Q_{\Pi} = \frac{\Pi_{порт}}{v_p} \quad (7.18)$$

Все полученные оптимизационные результаты по описанной выше методике для транспортных агрегатов во взаимосвязи представлены в виде номограммы на рис. 7.4.

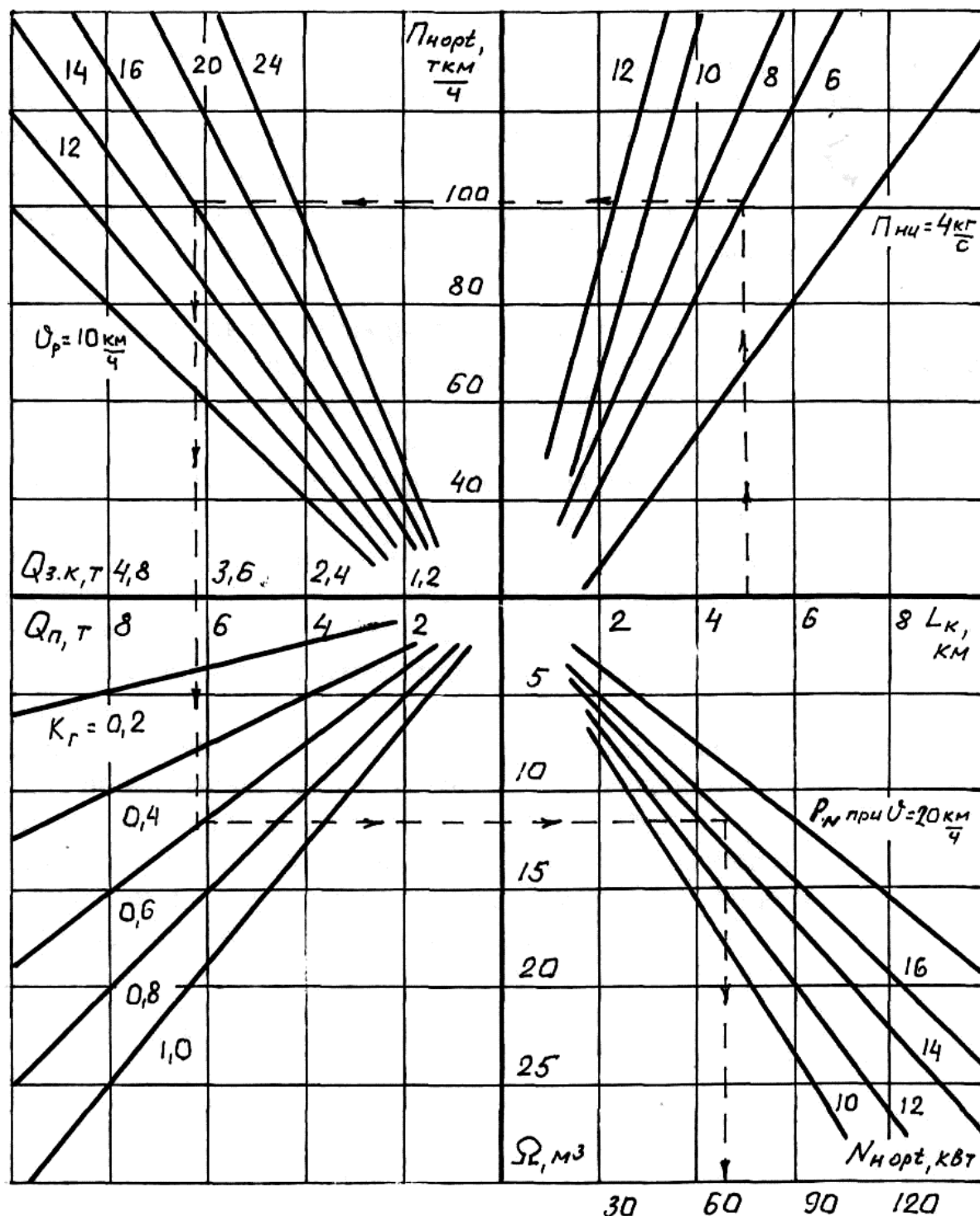


Рисунок 7.4 - Номограмма для определения оптимальных параметров и скоростного режима тракторных транспортных агрегатов для перевозки зеленой массы.

В первом квадранте номограммы в зависимости от расстояния перевозки зеленой массы L_p и пропускной способности уборочного агрегата $\Pi_{нч}$ определяем оптимальное значение обобщенного параметра $\Pi_{норт}$.

Во втором квадранте номограммы в пределах возможного диапазона рабочих скоростей при перевозке IY класса ($K_r = 0,6$) по дорогам второй группы определяем соответствующую грузоподъемность прицепа

$$Q_{\Pi} = \frac{P_{Hopt}}{v_p} \quad (7.19)$$

В третьем квадранте номограммы зависимость от грузоподъемности транспортного агрегата Q_{Π} и коэффициента использования грузоподъемности K_{Γ} определяем требуемую вместимость кузова прицепа Ω_{Π} .

В четвертом квадрате на нижней горизонтальной шкале номограммы определяются оптимальные требуемые мощности N_{Hopt} двигателя трактора при P_N различных скоростях движения.

Последовательность определения по номограмме соответствующих параметров и скоростного режима ТА показана стрелками для случая: $L_p = 5$ км; $P_{Hч} = 6$ кг/с; $v_p = 16$ км/ч; $K_{\Gamma} = 0,4$; P_N при $v_p = 16$ км/ч.

По значению Q_{Π} с учетом коэффициента использования грузоподъемности $K_{\Gamma} = 0,6$ определяем количество перевозимой зеленой массы

$$Q_{3M} = Q_{\Pi} K_{\Gamma} = 0,6 Q_{\Pi} \quad (7.20)$$

Значение Цз./ч приведены также на нижней оси левой половины номограммы с внутренней стороны. При необходимости можно определить также требуемую вместимость кузова прицепа

$$\Omega_{\Pi} = \frac{Q_{3M}}{\rho_{\Pi} \gamma_{\Pi}} = \frac{0,6 Q_{\Pi}}{\rho_{\Pi} \gamma_{\Pi}}, \quad (7.21)$$

где ρ_{Π} – плотность зеленой массы в кузове, т/м³; γ_{Π} – коэффициент заполнения кузова.

Например, для показанного штриховыми линиями примера на номограмме при $v_p = 16$ км/ч получено $Q_{\Pi} = 6,37$ т, плотность зеленой массы $\rho_{\Pi} = 0,35$ т/м³. соответственно на основании (7.21) при $\gamma_{\Pi} = 0,9$ получим $\Omega_{\Pi} = 12,133$ м³.

Можно при необходимости определить также скорость ТА при обратном движении без груза v_x с учетом соотношения

$$\varepsilon_x = \frac{v_x}{v_p}$$

По нормативным данным среднее значение ε_x для грузов IV класса и II группы дорог составляет $\varepsilon_x = 1,27$. Соответственно при $v_p = 16$ км/ч получим $v_x = 20$ км/ч.

Таким образом, по номограмме на рис. 7.4 можно определить все основные параметры транспортных агрегатов.

7.1.2 Оптимизация состава уборочно-транспортных звеньев

Состав уборочно-транспортного звена включает кормоуборочные комбайны и транспортные средства для перевозки зеленых кормов в животноводческие фермы или комплексы.

В данном случае задача сводится к определению оптимальных количественных соотношений между кормоуборочными и транспортными средствами в пределах УТЗ.

Повышение эффективности достигается за счет уменьшения времени простоев как комбайнов, так и транспортных средств во взаимном ожидании.

Для агрегатов по уборке и транспортировке зеленых кормов основной

формой организации работы является групповое их использование в виде уборочно-транспортных звеньев /УТЗ/. При этом количество уборочных и транспортных средств должно быть подобрано таким образом, чтобы по поточному принципу обеспечивалась их бесперебойная работа в заданных условиях.

Поточному принципу работы в идеальных условиях отвечает равенство

$$W_{УБ} \cdot n_{УБ} = W_{ТР} \cdot m_{ТР}, \quad (7.22)$$

где $W_{УБ}$ – производительность одного уборочного агрегата, т/ч; $n_{УБ}$ – количество уборочных агрегатов; $W_{ТР}$ – производительность одного транспортного агрегата, т/ч; $m_{ТР}$ – количество транспортных агрегатов.

В реальных условиях работы равенство (7.22) не соблюдается из-за того, что производительности агрегатов $W_{УБ}$ и $W_{ТР}$ не остаются постоянными вследствие непрерывного изменения действующих факторов: урожайности, расстояния перевозки, продолжительности погрузки и разгрузки и т.д. Изменение всех указанных факторов при этом носит случайный характер в вероятностном смысле. Исходя из этого, для решения рассматриваемой задачи должны привлекаться методы теории вероятностей.

Уборочно-транспортное звено представляет собой типичную систему обслуживания, когда от одной группы агрегатов исходит поток требований на обслуживание, а другая группа агрегатов удовлетворяет эти требования, наиболее эффективными для решения подобных задач являются методы теории массового обслуживания (ТМО). Для выбора конкретного метода исследования необходимо рассматривать задачи в системе массового обслуживания (СМО).

Для удобства последующих исследований целесообразно принять транспортные агрегаты в качестве обслуживаемых, а уборочные в качестве обслуживающих.

Если в составе УТЗ количество агрегатов ограничено и обслуживаемые агрегаты не могут покидать систему не обслуженными, то имеет место замкнутая СМО с ожиданием.

От обслуживаемых транспортных агрегатов исходит вероятностный поток требований на загрузку зеленого корма. На основании анализа и в ряде работ теоретически и экспериментально доказано, что при работе уборочных агрегатов имеет место простейший или пуассоновский поток требований на обслуживание, обладающий свойствами стационарности, ординарности и отсутствием последствия. Вероятность $P_K(t)$ поступления именно «K» требований за промежуток времени t (в дальнейшем принято $t = 1$ ч) для такого потока определяется по известной формуле Пуассона

$$P_K(t) = \frac{(\lambda t)^K}{K!} e^{-\lambda K}, \quad (7.23)$$

где λ – плотность потока требований, 1/ч.

Численное значение λ определяется на основании хронометражных исследований и статистических данных в соответствии с равенством

$$\lambda = \frac{1}{\bar{t}_{ЦТ}}, \quad (7.24)$$

где $\bar{t}_{цт}$ - средняя продолжительность цикла транспортного агрегата, ч

Для расчета $\bar{t}_{цт}$ можно воспользоваться равенством

$$\bar{t}_{цт} = \frac{L_3}{v_3} + \frac{L_x}{v_x} + t_{BO}, \quad (7.25)$$

где L_3 , L_x – соответственно длина пути при загруженной и холостой ездки, км; v_3 , v_x – соответствующие скорости, км/ч; t_{BO} – продолжительность вспомогательных операций (разгрузка, отправка и т.д.), ч.

Окончательно для λ получим

$$\lambda = \frac{1}{\left(\frac{L_3}{v_3} + \frac{L_x}{v_x} + t_{BO} \right)}. \quad (7.26)$$

Важнейшей характеристикой каждого кормоуборочного агрегата, как обслуживающего звена, является продолжительность одного обслуживания.

На основании имеющегося широкого опыта применения методов ТМО известно, что функция распределения времени одного обслуживания приближенно подчиняется показательному закону

$$F(t) = 1 - e^{-\mu t}, \quad (7.27)$$

где μ – интенсивность обслуживания, 1/ч.

Численное значение μ определяется по формуле

$$\mu = \frac{1}{\bar{t}_{OB}}, \quad (7.28)$$

где \bar{t}_{OB} - средняя продолжительность обслуживания (заполнения зеленой массой кузова транспортного средства), ч.

Значение \bar{t}_{OB} определяется т по хронометражным данным или расчетам по формуле с учетом принятой формы технологического обслуживания.

Справедливость принятых законов (7.23, 7.27) подтверждается многочисленными исследованиями по уборке различных сельскохозяйственных культур.

Как указывалось ранее основной способ выгрузки зеленой массы в кузов транспортного агрегата: непрерывная подача на ходу комбайна определяется в виде суммы

$$\bar{t}_{OB} = \frac{L_{зтр}}{10^3 v_K} + n_{хп} t_{п1} = L_{зтр} \left(\frac{1}{10^3 v_K} + \frac{t_{п1}}{L_{г}} \right), \quad (7.29)$$

где $L_{зтр}$ – рабочий путь заполнения кузова транспортного агрегата, м; v_K – скорость комбайна, км/ч; $n_{хп} = \frac{L_{зтр}}{L_{г}}$ - число холостых поворотов комбайна за время

заполнения кузова; $t_{п1}$ – продолжительность одного холостого поворота, ч; $L_{г}$ – длина гона, м.

С учетом значения

$$L_{3TP} = \frac{10^4 \cdot Q_T \cdot K_\Gamma}{B_K \cdot U_K}, \quad (7.30)$$

получим

$$\bar{t}_{OBC} = \frac{10^4 \cdot Q_T \cdot K_\Gamma}{B_K \cdot U_K} \left(\frac{1}{10^3 \nu_K} + \frac{t_{\Pi 1}}{L_\Gamma} \right), \quad (7.31)$$

где Q_T – грузоподъемность транспортного агрегата, т; K_Γ – коэффициент использования грузоподъемности; B_K – ширина захвата кормоуборочного агрегата, м; U_K – урожайность кормовых культур, т/га.

Таким образом, значения μ из (7.28) для выгрузки зеленой массы составят

$$\mu = \frac{1}{\left[\frac{10^4 \cdot Q_T \cdot K_\Gamma}{B_K \cdot U_K} \left(\frac{1}{10^3 \nu_K} + \frac{t_{\Pi 1}}{L_\Gamma} \right) \right]}. \quad (7.32)$$

Значение μ в (7.28) при упрощенных расчетах можно определить также из равенства

$$\mu_i = \frac{W_i}{Q_T \cdot K_\Gamma}, \quad (7.33)$$

где W_i – производительность комбайна при выгрузке зеленой массы, т/ч.

Для оптимизации состава УТЗ и выбора эффективного варианта взаимосвязанной работы уборочных и транспортных агрегатов необходимо исследовать показатели функционирования соответствующей СМО с учетом значений λ из (7.26) и μ из (7.32, 7.33).

Принципиальная схема функционирования соответствующей замкнутой СМО с ожиданием представлена на рисунке 7.5.

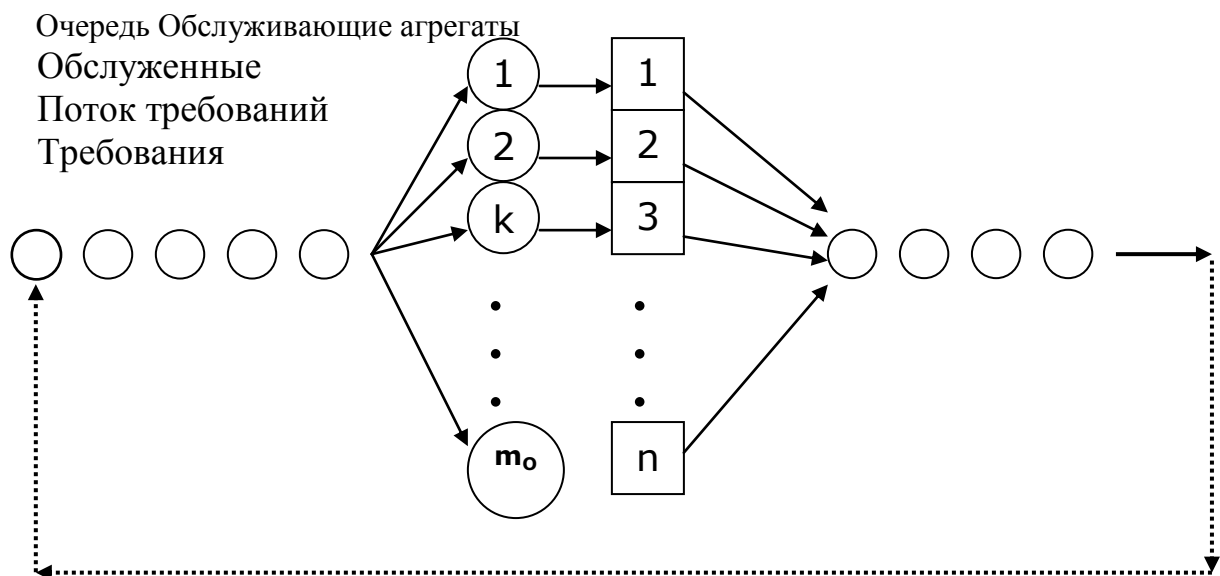


Рисунок 7.5 - Принципиальная схема функционирования замкнутой СМО с ожиданием

Система в общем случае может находиться в одном из следующих состоя-

ний:

S_0 – все транспортные агрегаты находятся в рейсе и уборочные агрегаты простаивают в ожидании;

S_1 – один транспортный агрегат прибыл и его обслуживает один комбайн;

S_2 – прибыли два транспортных агрегата и их обслуживают два комбайна;

...

S_n – прибыло n транспортных агрегатов и все n комбайнов заняты их обслуживанием;

S_{n+1} – прибыло $n+1$ транспортных агрегатов, из которых один ожидает;

...

S_m – прибыли все m транспортных агрегатов, из которых n загружаются, а $m-n$ ожидают в очереди.

Соответствующий граф состояний СМО показан на рисунке 7.6.

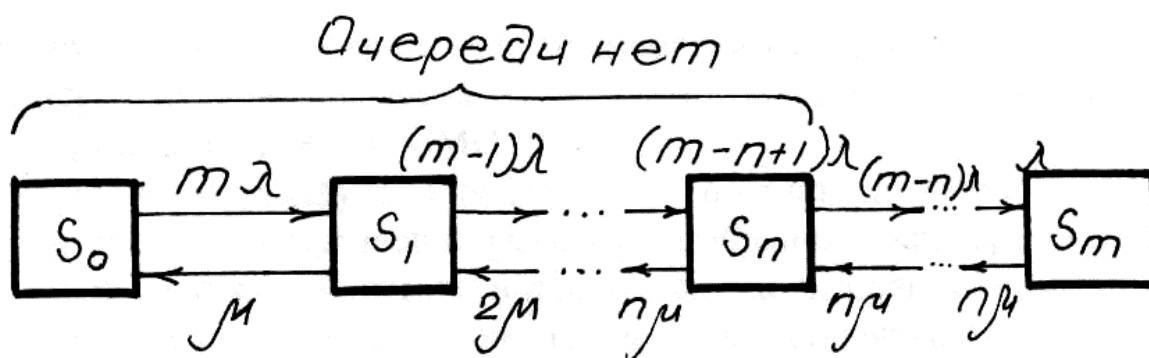


Рисунок 7.6 - Граф возможных состояний замкнутой СМО

Принципиальную схему работы одного комбайна с группой транспортных средств получим из Рисунок 10.5 в виде частного случая при $n = 1$. Соответствующий граф состояний такой одноканальной СМО показан на рисунке 7.7.

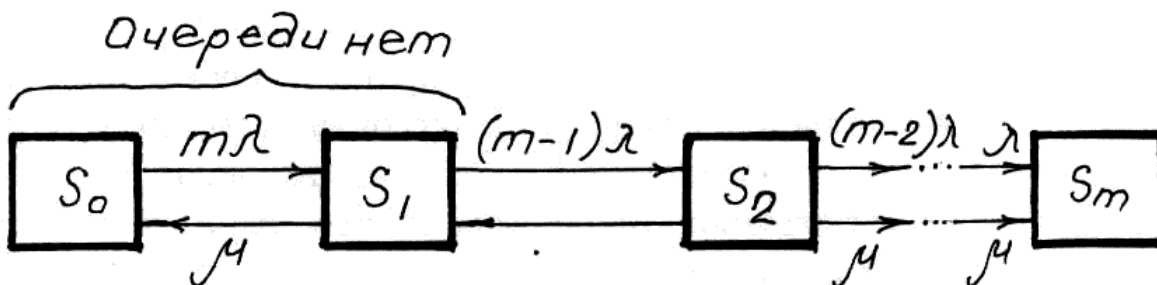


Рисунок 7.7 - Граф возможных состояний одноканальной замкнутой СМО

Вероятности $P_0, P_1, P_2, \dots, P_m$ пребывания СМО в состояниях $S_0, S_1, S_2, \dots, S_m$ в общем случае наличие m транспортных и n кормоуборочных агрегатов в соответствии с определяются из системы дифференциальных уравнений.

$$P'_0 = -m\lambda P_0 + \mu P_1,$$

...

$$P'_k = -[(m-k)\lambda + k\mu] P_k + (m-k+1)\lambda P_{k-1} + (k+1)\mu P_{k+1},$$

при $0 < k < n$

$$P'_k = -[(m-k)\lambda + n\mu] P_k + (m-k+1)\lambda P_{k-1} + n\mu P_{k+1}, \quad (7.34)$$

при $n \leq k < m$

...

$$P'_m = -\mu P_m + \lambda P_{m-1}$$

Основным для рассматриваемой СМО является устанавливающийся режим работы, поэтому при практических расчетах в (7.34) можно принять

$$P'_0 = P'_1 = P'_k = \dots = P'_m = 0$$

На основании полученной при этом системы алгебраических уравнений, с том нормировочного условия $\sum_{k=0}^m P_k = 1$, можно определить все основные показатели функционирования СМО.

Прежде всего, следует определить те показатели работы исследуемого СМО, которые непосредственно связаны с выбранным критерием оптимальности. В качестве такого критерия в данном случае выбран минимум суммы потерь от простоев во взаимном ожидании кормоуборочных агрегатов и транспортных средств, который для одного часа установившейся работы системы запишется в виде

$$C_{nm} = m_0 C_m + n_0 C_n \rightarrow \min \quad (7.35)$$

где C_{nm} – суммарные потери от простоев, руб/ч; m_0, n_0 – соответственно среднее количество простаивающих транспортных и уборочных агрегатов; C_m, C_n – стоимость одного часа простоя соответственно транспортного и уборочного агрегатов, руб/ч.

Критерий оптимальности (7.35) можно при необходимости выразить и в функции общего количества транспортных m и уборочных n агрегатов

$$C_{nm} = m K_m C_m + n K_n C_n \rightarrow \min \quad (7.36)$$

где K_m, K_n – соответственно коэффициенты простоя транспортных агрегатов и уборочных агрегатов.

Коэффициенты простоя транспортных K_m и уборочных K_n агрегатов при этом определяются из равенств

$$K_m = \frac{m_0}{m}, \quad (7.37)$$

$$K_n = \frac{n_0}{n} \quad (7.38)$$

В современных условиях динамически изменяющихся цен вместо (7.36) целесообразно перейти к безразмерным относительным затратам в виде

$$\bar{C}_{mn} = \frac{C_{mn}}{C_n} = m K_m \varepsilon_m + n K_n \rightarrow \min, \quad (7.39)$$

$$\text{где } \varepsilon_m = \frac{C_m}{C_n}.$$

При отсутствии достоверных данных по значениям C_m и C_n численное значение ε_m приближенно можно определить как соотношение

$$\varepsilon_m \approx \frac{\Pi_m}{\Pi_n}, \quad (7.40)$$

где Π_m, Π_n – оптовые цены соответственно транспортного и уборочного агрегатов, руб.

Поскольку Π_m и Π_n изменяется в одинаковых пропорциях, то будет зависеть от конъюнктуры рынка и приближенно можно принять $\varepsilon_m = \text{const}$

Основным для расчетов по критерию (7.39) прежде всего, определить значения m_o и n_o в соответствии с равенством

$$m_o = \sum_{k=n+1}^m \frac{(k-n)m!\alpha^k}{n^{k-1}n!(m-k)!} P_o, \quad (7.41)$$

$$n_o = \sum_{k=0}^n \frac{(n-k)m!\alpha^k}{k!(m-k)!} P_o, \quad (7.42)$$

$$\text{при } \alpha = \frac{\lambda}{\mu}.$$

Значение P_o соответствует вероятности одновременного простоя всех кормоуборочных агрегатов и определяется из равенства

$$P_o = \frac{1}{\left[\sum_{k=0}^n \frac{m!\alpha^k}{k!(m-k)!} + \sum_{k=n+1}^m \frac{m!\alpha^k}{n^{k-1}n!(m-k)!} \right]}. \quad (7.43)$$

На основании (7.39 – 7.41) численным решением методом итерации можно определить оптимальное взаимосвязанное количество кормоуборочных n_{opt} и транспортных m_{opt} агрегатов.

При оперативных инженерных расчетах можно получить и более простое приближенное решение. Предварительно рассчитывается потребное количество транспортных средств для обслуживания одного кормоуборочного агрегата, а затем полученный результат может быть распространен на любое их число.

Граф возможных состояний такой СМО приведен на рис. 7.7.

Критерий оптимальности (7.39) при этом запишется с учетом $n = 1$ и равенства $K_n = P_n$ между K_n и вероятностью простоя P_n уборочного агрегата

$$\bar{C}_{mn} = mK_m \varepsilon_m + P_n \rightarrow \min. \quad (7.44)$$

Среднее число простаивающих транспортных средств $t_o = mK_T$ при этом определяется из равенства

$$m_o = m - (1 - P_o) \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right) \quad (7.45)$$

Вероятность простоя уборочного агрегата $m_o = m \cdot R_m$ имеет значение

$$P_o = P_n \left[\frac{1}{1 + m\alpha + m(m-1)\alpha^2 + \dots + m(m-1)\dots\alpha^m} \right]. \quad (7.46)$$

На основании (7.44 – 7.46) численным решением можно получить желаемое количество транспортных средств в расчете на один кормоуборочный агрегат. Затем полученный результат может быть распространен на любое другое количество уборочных агрегатов. Однако при этом результат оптимизации будет приближенным. Полученные теоретические закономерности позволяют обосновать оптимальные составы кормоуборочных звеньев с учетом всех ос-

новых действующих факторов.

Учитывая урожайность убираемых культур, а также отсутствие бункера на комбайне, требуемое количество транспортных агрегатов целесообразно определять в расчете на один комбайн.

Плотность потока требований λ , поступающей от транспортных агрегатов зависит от среднего расстояния перевозки L_p от поля до животноводческого комплекса, который представлен на рис. 7.8.

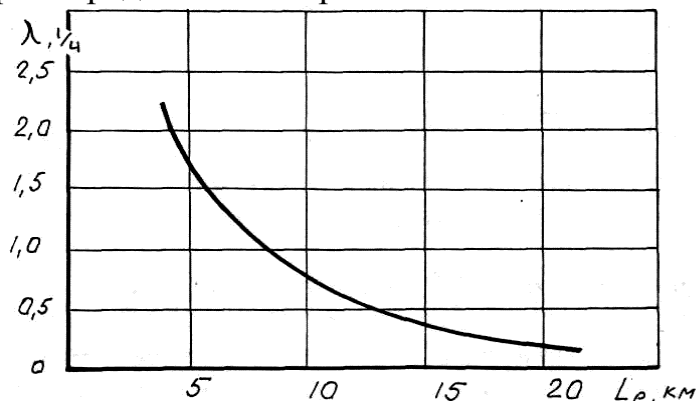


Рисунок 7.8 - Зависимость интенсивности поступления требований λ от среднего расстояния перевозки L_p

С ростом среднего расстояния перевозки L_p наблюдается тенденция снижения значений λ т.е. промежуток времени между поступлениями заявок растет.

Другим важнейшим показателем СМО является интенсивность обслуживания требований μ кормоуборочными комбайнами. На μ сильное влияние оказывают грузоподъемность транспортного агрегата и урожайность убираемых культур.

Для всего диапазона изменения урожайности U_K и грузоподъемности Q_{Π} существующих тракторных прицепов определены значения интенсивности обслуживания требований μ , что представлены на рис. 7.9.

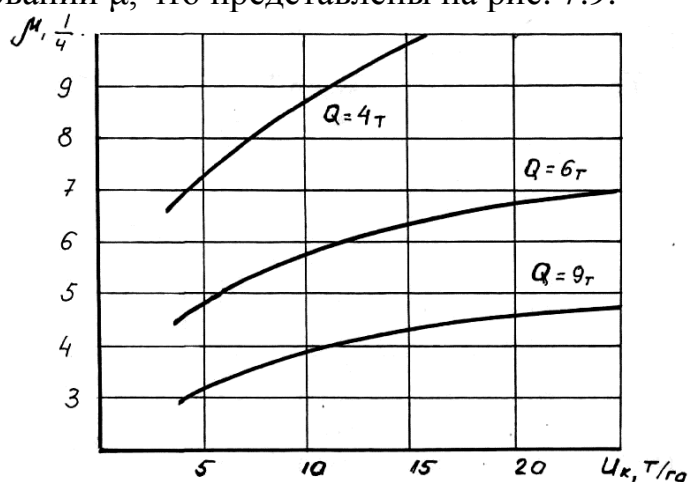


Рисунок 7.9 - Зависимость интенсивности обслуживания требований μ от урожайности зеленых кормов U_K

Из рисунка следует, что с ростом урожайности наблюдается увеличение значений μ , при этом рост грузоподъемности обуславливает снижение общего

значения μ . Объясняется это тем, что с ростом урожайности U_K растет частота обслуживания требований. А использование прицепов большей грузоподъемности приводит к снижению μ по сравнению с прицепами меньшей грузоподъемности. Вышеперечисленные зависимости показывают влияние природно-производственных факторов на исследуемую тему.

Расчеты показывают, что соотношение λ/μ , входящее в принятые критерии оптимальности (7.39, 7.44) в соответствии с (7.26, 7.32) изменяются в широком диапазоне, которые приведены в таблице 7.1. Соответственно для указанного диапазона проводились расчеты по оптимизации состава УТЗ.

Таблица 7.1 - Диапазоны изменения параметра потока $\alpha = \lambda/\mu$

Показатели				Урожайность, т/га				
				5	10	15	20	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9
$L_p=2$ км	$P_{Hq}=8$ кг/с	Q_{Π}	4Т	0,36	0,287	0,2666	0,2533	0,2481
			6Т	0,542	0,4356	0,3987	0,383	0,372
			9Т	0,809	0,6518	0,6	0,572	0,559
	$P_{Hq}=10$ кг/с	Q_{Π}	4Т	0,314	0,2462	0,2218	0,2112	0,203
			6Т	0,473	0,367	0,333	0,317	0,306
			9Т	0,711	0,552	0,602	0,4756	0,4567
	$P_{Hq}=12$ кг/с	Q_{Π}	4Т	0,2854	0,2165	0,1928	0,1796	0,1742
			6Т	0,43	0,3247	0,2879	0,272	0,2613
			9Т	0,6454	0,4861	0,433	0,406	0,3934
$L_p=5$ км.	$P_{Hq}=8$ кг/с	Q_{Π}	4Т	0,2636	0,2103	0,1949	0,1852	0,1814
			6Т	0,396	0,3184	0,2915	0,2801	0,2722
			9Т	0,592	0,4765	0,4386	0,4186	0,4088
	$P_{Hq}=10$ кг/с	Q_{Π}	4Т	0,2297	0,180	0,1621	0,544	0,1487
			6Т	0,3458	0,2684	0,2433	0,2316	0,2238
			9Т	0,52	0,4037	0,3669	0,3477	0,3339
	$P_{Hq}=12$ кг/с	Q_{Π}	4Т	0,2086	0,1583	0,1409	0,1312	0,1274
			6Т	0,3148	0,2374	0,21	0,1969	0,191
			9Т	0,4718	0,3554	0,3169	0,2973	0,2876
$L_p=10$ км	$P_{Hq}=8$ кг/с	Q_{Π}	4Т	0,091	0,073	0,0676	0,0642	0,0629
			6Т	0,1375	0,11	0,101	0,097	0,0944
			9Т	0,2055	0,1654	0,1522	0,1453	0,1419
	$P_{Hq}=10$ кг/с	Q_{Π}	4Т	0,0797	0,0623	0,0563	0,0536	0,0516
			6Т	0,12	0,093	0,084	0,08	0,0777
			9Т	0,18	0,14	0,1273	0,12	0,1159
	$P_{Hq}=12$ кг/с	Q_{Π}	4Т	0,072	0,0549	0,0489	0,0455	0,0442
			6Т	0,109	0,0824	0,073	0,069	0,0663
			9Т	0,1638	0,1233	0,11	0,103	0,0998
$L_p=15$ км	$P_{Hq}=8$ кг/с	Q_{Π}	4Т	0,062	0,05	0,046	0,044	0,0432
			6Т	0,0944	0,0759	0,0694	0,0667	0,0648
			9Т	0,141	0,1135	0,1045	0,0997	0,0974
	$P_{Hq}=10$ кг/с	Q_{Π}	4Т	0,0547	0,0427	0,0336	0,0308	0,0303
			6Т	0,0824	0,0639	0,05	0,0552	0,0455
			9Т	0,1234	0,0962	0,0755	0,0828	0,0685
	$P_{Hq}=12$ кг/с	Q_{Π}	4Т	0,0497	0,0377	0,0353	0,0312	0,0328
			6Т	0,075	0,0565	0,0528	0,0474	0,0493
			9Т	0,1124	0,0847	0,0795	0,0708	0,0741

1	2	3	4	5	6	7	8	9
$L_p=20 \text{ км}$	$\Pi_{\text{нч}}=8 \text{ кг/с}$	Q_{Π}	4Т	0,047	0,0381	0,0353	0,0335	0,0328
			6Т	0,0718	0,0577	0,0528	0,0507	0,0493
			9Т	0,1073	0,0864	0,0795	0,0759	0,0741
	$\Pi_{\text{нч}}=10 \text{ кг/с}$	Q_{Π}	4Т	0,0416	0,0325	0,0294	0,028	0,0269
			6Т	0,0627	0,0486	0,0441	0,042	0,0406
			9Т	0,0943	0,0732	0,0665	0,0631	0,0605
	$\Pi_{\text{нч}}=12 \text{ кг/с}$	Q_{Π}	4Т	0,0378	0,0287	0,0255	0,0238	0,0231
			6Т	0,057	0,0430	0,0381	0,0361	0,0341
			9Т	0,0855	0,0644	0,0574	0,0539	0,0522

Закономерности изменения C_{mn} , P_0 и m_0 в зависимости от количества транспортных средств m представлена на рис. 7.10 при значении параметра потока $\alpha=0,542$.

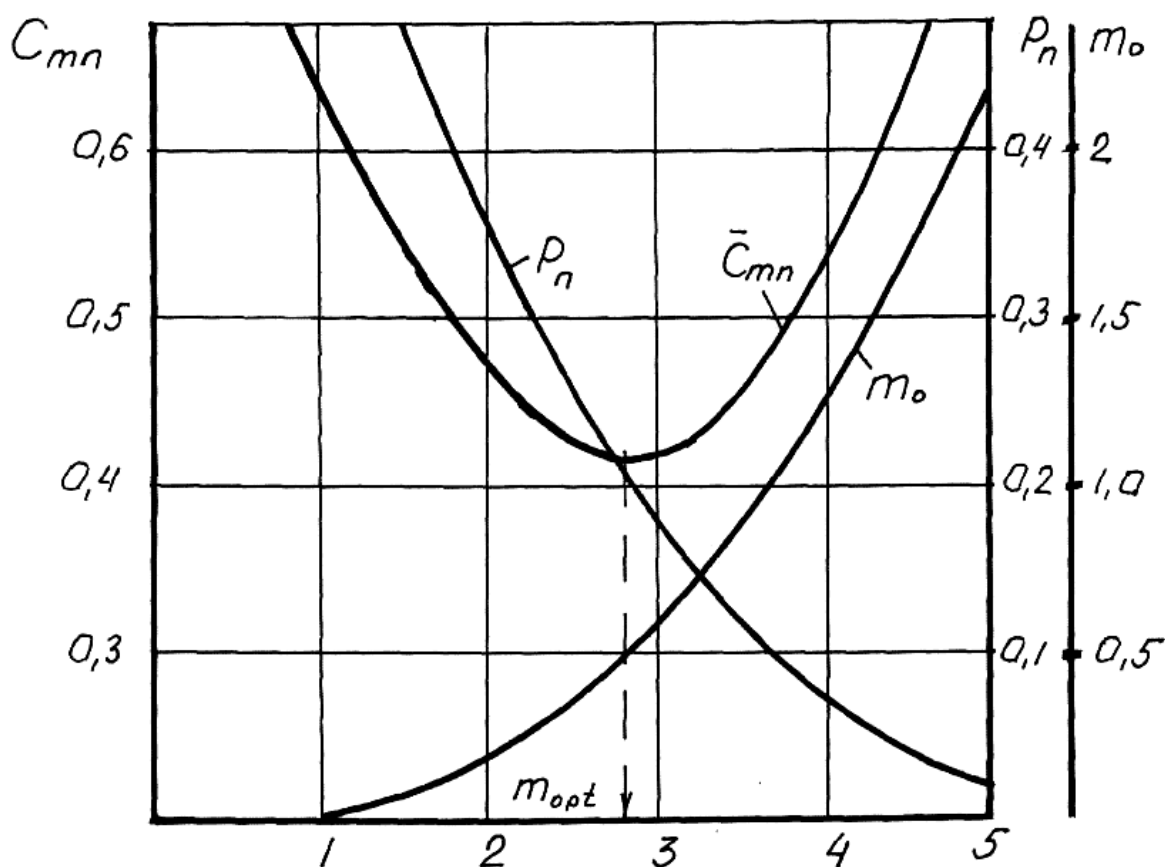


Рисунок 7.10 - Результаты оптимизации состава уборочно-транспортного звена при одном кормоуборочном комбайне КСК-100: m – число транспортных средств (МТЗ-80+ПСЕ-20); C_{mn} – относительные затраты; m_0 – среднее число простаивающих в очереди тракторных прицепов; P_{Π} – вероятность простоя комбайна ($L_p = 2 \text{ км}$; $U_K = 5 \text{ т/га}$ $\alpha=0,542$; $Q_{\Pi} = 6 \text{ т}$)

Из представленного рисунка наглядно видно, что минимум затрат C_{mn} имеет место при количестве транспортных средств $m=3$. При этом вероятность простоя уборочного агрегата $P_0 = K_n = 0,21$, а коэффициент простоя транспортных агрегатов равно, $K_m = m_0 / m$

Затраты $C_{mn} = 0,425$ при $m = 3$ меньше на 8,24 % от $C_{mn} = 0,467$ при $m=2$, а

при $m = 1$ $C_{mn} = 0,645$, что выше от C_{mnmin} при $m = 3$ на 50,58 %. При обслуживании некоторых транспортных средств затраты C_{mn} возрастают на 29,4 %.

Условия работы как кормоуборочных комбайнов так и транспортных средств отличаются большим разнообразием. В связи с этим для наиболее полного учета всевозможного сочетания вышеприведенных факторов предлагается номограмма по определению оптимального количественного соотношения уборочных и транспортных средств (рис. 7.11).

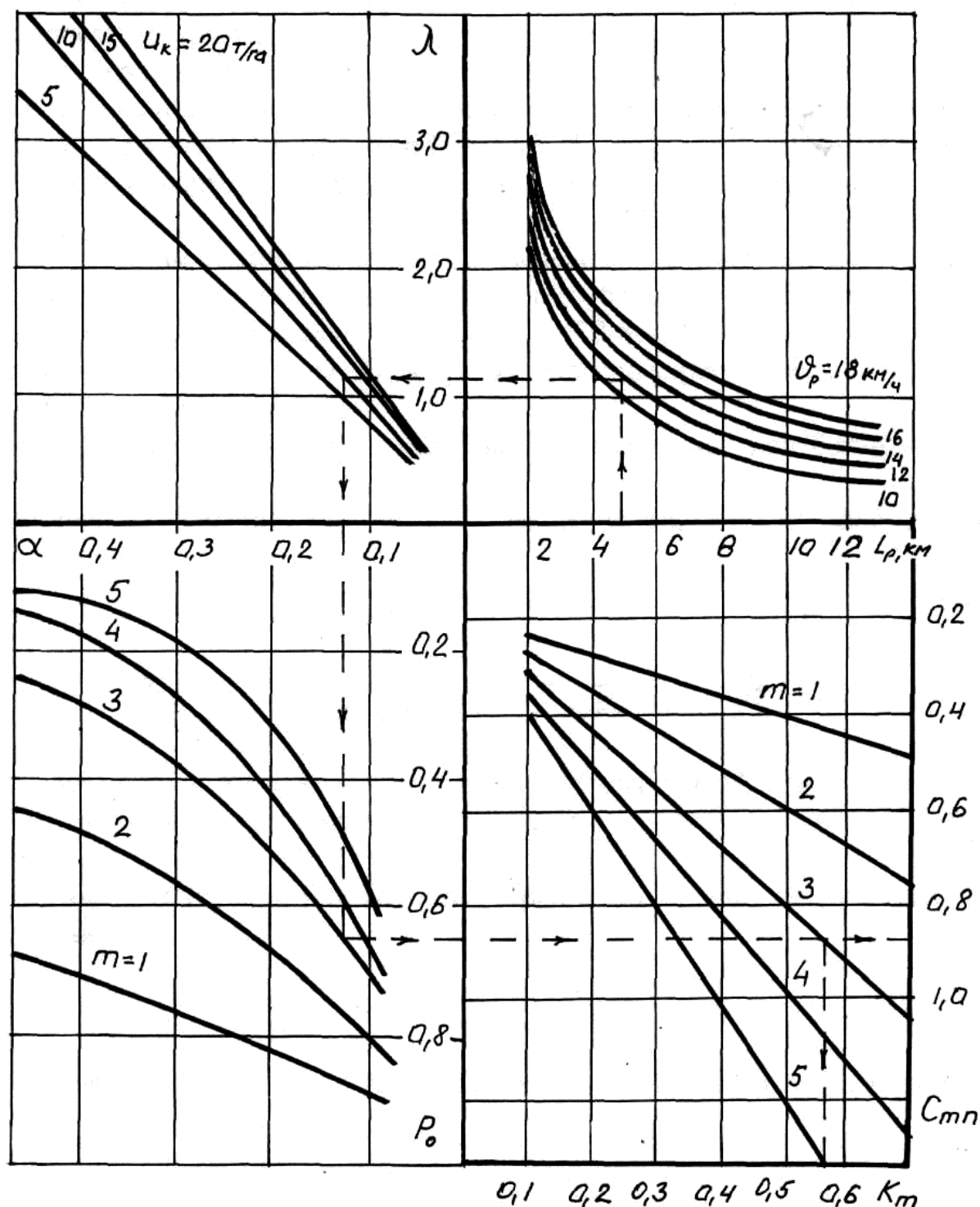


Рисунок 7.11 - Номограмма для определения оптимального количественного соотношения уборочных и транспортных средств

В первом квадранте в зависимости от расстояний перевозки L_p определяются требуемые значения λ при различных скоростях движения транспортного агрегата v_p . Во втором квадранте определяются необходимые значения параметра потока α в функции λ и урожайности U_K . Третий квадрант охватывает всевозможные вероятности простоя или коэффициенты простоя кормоуборочных агрегатов P или K_{Π} в зависимости от числа транспортных m .

В четвертом квадранте по значению P_O определяются затраты C_{mn} и коэффициенты простоя транспортных средств K_m для различного количества транспортных средств m .

Последовательность определения оптимальных значений λ_{opt} , α_{opt} , $P_{O\ opt}$, $K_{m\ opt}$, $C_{mn\ opt}$ номограмме показана стрелками на примере проведенного выше расчета. Сравнение полученных расчетом результатов оптимизации и данных по номограмме свидетельствует о достаточной точности использования номограммы для оперативных расчетов.

7.2 Перевозки зерна от комбайнов на ток

7.2.1 Прямые автомобильные (тракторные) перевозки

Прямые перевозки зерна с полей к местам первичной его обработки осуществляются по схеме комбайн – автомобиль – ток.

Для обеспечения работы уборочных агрегатов без простоев за каждым комбайном закрепляется 1...2 автомобиля. При этом из-за того, что автомобиль, погрузив бункер зерна, вынужден простаивать в ожидании намолота еще несколько бункеров, общее время пребывания его в поле составляет 50...70 % времени цикла.

В уборочно-транспортной бригаде, состоящей из комбайнеров и водителей, каждый комбайн может быть обслужен любым автомобилем.

В зависимости от количества комбайнов в уборочно-транспортной бригаде их принято различать на малые (2...4), средние (5...10) и крупные (свыше 10).

Использование автомобилей в составе комплексных уборочно-транспортных бригад увеличивает их производительность. Тем не менее, время пребывания автомобилей на поле (сборочно-транспортный процесс) занимает до 62...78 % времени цикла.

При совместной работе комбайнов и автомобилей последние должны для загрузки либо ожидать остановки комбайнов с полными бункерами и подъезжать к ним, либо двигаться с комбайнами до полной загрузки.

В этом случае имеет место сборочно-транспортный процесс с загрузкой АТС с остановкой комбайна или на ходу.

В первом случае не зная места и времени разгрузки комбайнов, водитель либо ожидает на месте остановки любого комбайна, либо движется за одним из них короткими переездами до его остановки. В обоих случаях после разгрузки комбайна процесс повторяется до тех пор, пока автомобиль полностью не загрузится.

Для полной загрузки автомобилю необходимо совершить K переездов по полю. Его загрузка с минимальным числом переездов возможна лишь в том случае, если водитель точно знает место разгрузки каждого комбайна

$$K_{\min} = C + 1, \quad (7.47)$$

где C – количество мест загрузки автомобиля.

Корреляционный анализ результатов замера пробега автомобилей по полю I_{Π} и количества переездов K позволил установить зависимость

$$I_{\Pi} = 1,35 + 0,25K, \quad (7.48)$$

отсюда

$$I_{\Pi, \min} = 1,35 + 0,25(C + 1). \quad (7.49)$$

Установлено, что в среднем на один погружаемый бункер зерна приходится два переезда по полю. Тогда зависимость (7.48) можно переписать в следующем виде

$$I_{\Pi} = 1,35 + 0,5\rho, \quad (7.50)$$

где ρ – количество бункеров зерна, перевозимое за рейс.

Производительность транспортных и уборочных машин зависит от большого количества факторов. Многообразие факторов, влияющих на ход операций, определяет вероятностный характер процесса, что предопределяет технологические простои автомобилей в ожидании разгрузки. Если технологически необходимая величина простоев автомобилей в ожидании погрузки не учитывается при определении потребности в подвижном составе при комплектовании уборочно-транспортных бригад, будут простаивать комбайны, в результате чего их выработка снизится на 10...15 %.

7.2.2 Прямые автомобильные перевозки с прокладкой разгрузочных магистралей

Как следует из уравнения (7.49), 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...8 м.

Схема определения местоположения и числа разгрузочных магистралей в загоне (рис. 7.12) базируется на предварительном определении количества бункеров зерна, намлачиваемых на длине гона.

Для исключения простоев уборочных агрегатов на каждой из разгрузочных магистралей должен постоянно находиться автомобиль, готовый к обслуживанию комбайнов. Следовательно, для сокращения потребности в транспортных средствах следует прокладывать минимально необходимое число разгрузочных магистралей.

В том случае, если проведен контрольный обмолот и известна урожайность на данном поле, количество бункеров зерна, намлачиваемое на длине гона, может быть определено по формуле

$$A = 0,01 \frac{l_{\Gamma} b h}{\omega_K d}, \quad (7.51)$$

где l_{Γ} – длина гона, м; b – ширина захвата жатки или расстояние между смежными валками, м; h – урожайность, ц/га; ω_K – вместимость бункера комбайна, м³; d – объемная масса зерна, кг/м³

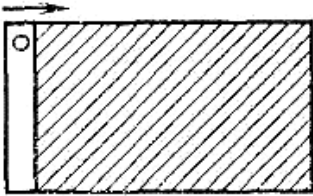
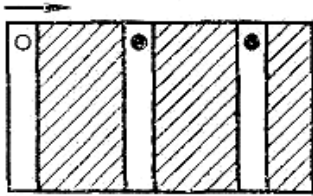
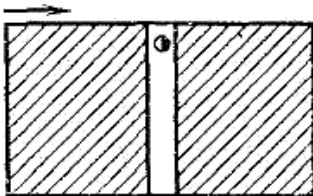
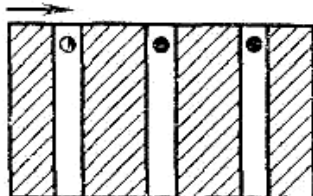
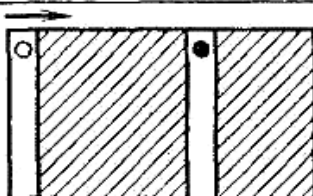
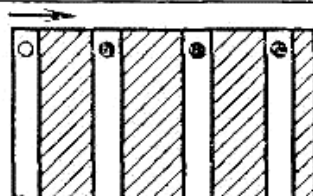
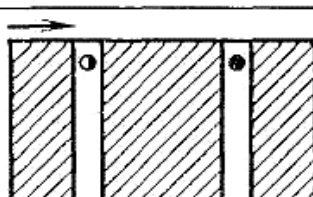
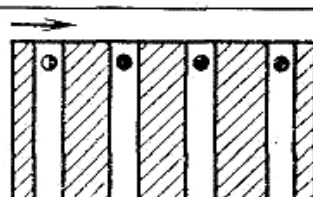
Количество бункеров, намолачиваемых на длинегона, ед.	Количество разгрузочных магистралей в загоне, ед.	Схема расположения разгрузочных магистралей в загоне	Количество бункеров, намолачиваемых на длинегона, ед.	Количество разгрузочных магистралей в загоне, ед.	Схема расположения разгрузочных магистралей в загоне
0,5	1		2,5	3	
1	1		3	3	
1,5	2		3,5	4	
2	2		4	4	

Рисунок 7.12 - Схема прокладки разгрузочных магистралей: ← - место начала движения комбайнов; ○ - разгрузочная магистраль; ◐ - разгрузочная магистраль, прокладываемая при намолоте половины бункера; ● - разгрузочная магистраль

При определении количества разгрузочных магистралей необходимо иметь в виду, что фактическая ширина захвата жаток оказывается меньше указанной в технической характеристике на 7...8%.

Прокладка разгрузочных магистралей позволяет сократить пробег одиночных автомобилей грузоподъемностью 2,5...5,0 т на 21...45 %, автомобилей большой грузоподъемности и автопоездов – на 52...65 %.

При прокладке разгрузочных магистралей автомобили движутся по полю одним и тем же маршрутом, в результате чего появляется накатанный участок, позволяющий повысить скорость движения с 14...16 до 20...22 км/ч.

Все это вместе взятое увеличивает производительность автомобилей грузоподъемностью 4...4,5 т на 15...19 %.

7.2.3 Перевозки зерна от комбайнов с использованием компенсаторов.

Вероятностный характер уборочно-транспортного процесса предопределяет взаимообусловленные простои комбайнов и автомобилей. Прокладка разгрузочных магистралей позволяет снизить их величину за счет согласования работы уборочных и транспортных машин в пространстве. Однако необходимо еще согласовать работу машин во времени, т.е. организовать работу уборочно-транспортного комплекса таким образом, чтобы комбайны могли разгружаться сразу после наполнения бункеров, а автомобили – загружаться по прибытию на поле. С этой целью в технологическую цепочку вводится промежуточное звено – компенсатор.

В этом случае разрывается “жесткая” связь между комбайнами и автомобилями и перевозки осуществляются по схеме комбайн - компенсатор-автомобиль - ток.

В зависимости от выполняемых функций компенсаторы можно разделить на межоперационные и межсменные. Первые дают возможность организовать “независимую” работу транспортных и уборочных машин на протяжении времени работы комбайнов, межсменные позволяют использовать автомобили в две и три смены.

По характеру работы компенсаторы делятся на передвижные, стационарно-передвижные, стационарные (рис. 7.13-рис.7.15 и табл. 7.2). Роль компенсаторов могут выполнить автомобильные и тракторные прицепы, полуприцепы, различного рода бункера и т.п.

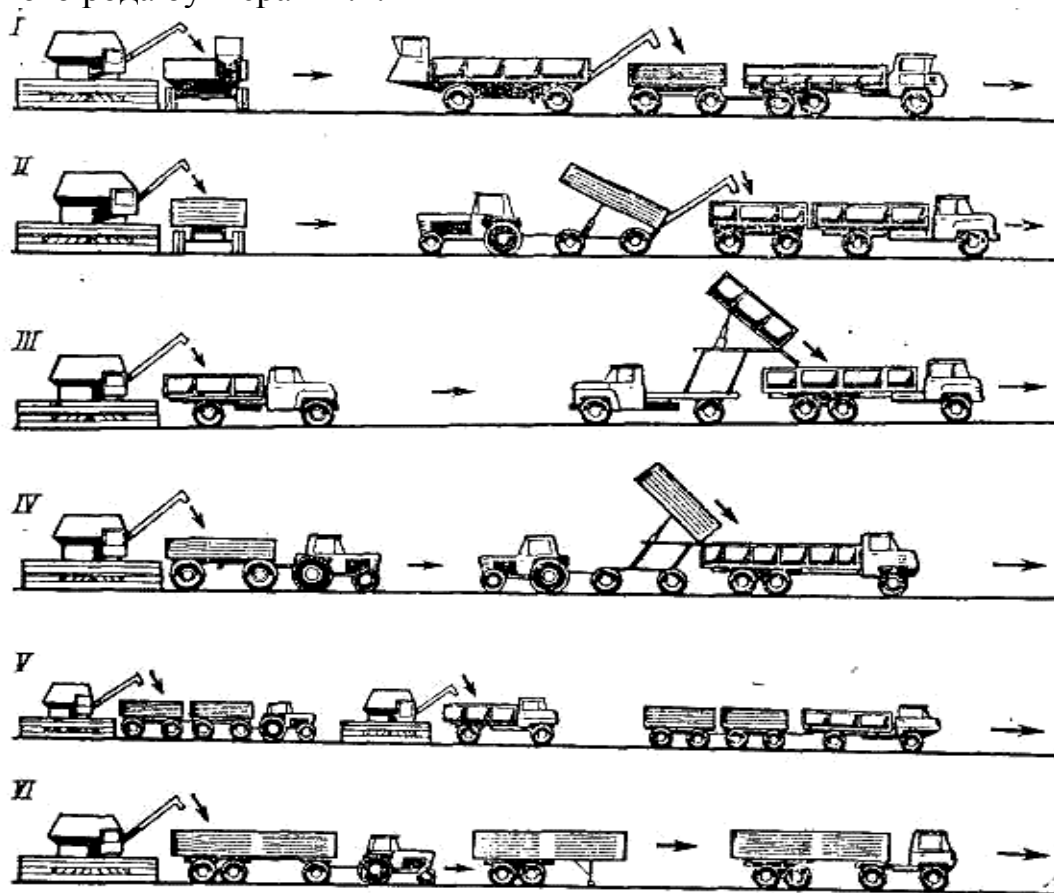


Рисунок 7.13 - Передвижные межоперационные компенсаторы

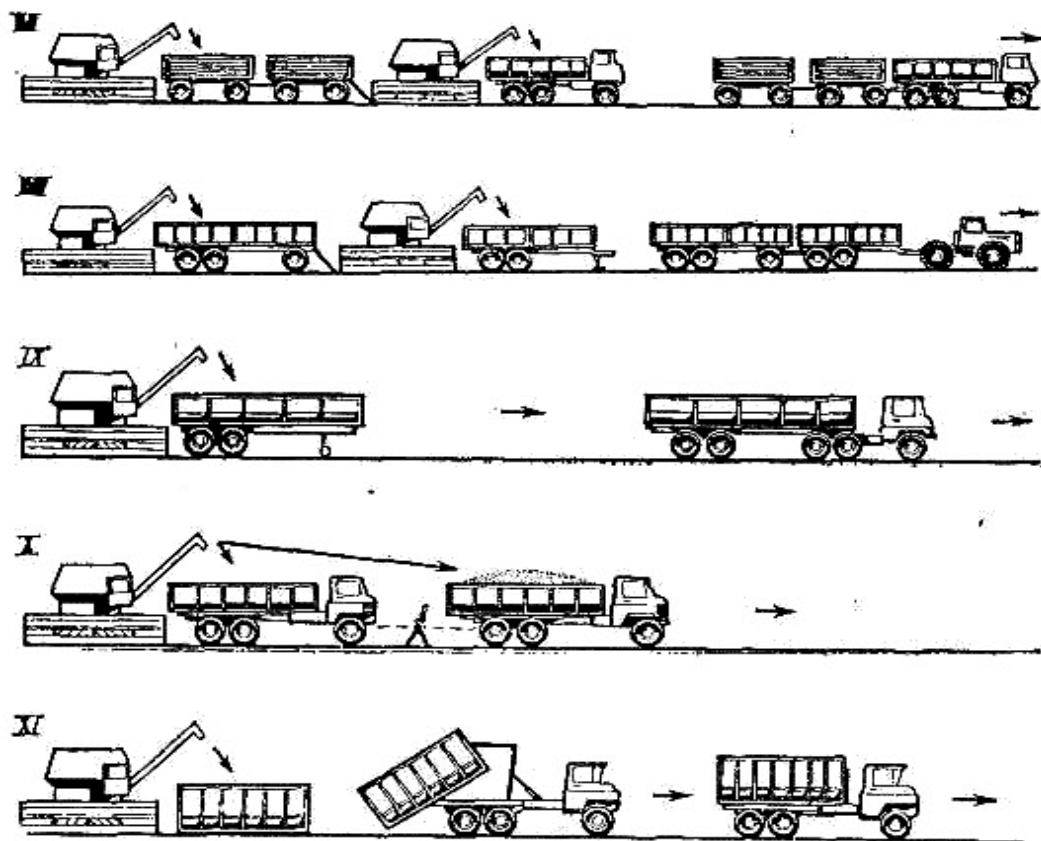


Рисунок 7.14 - Стационарные межоперационные компенсаторы

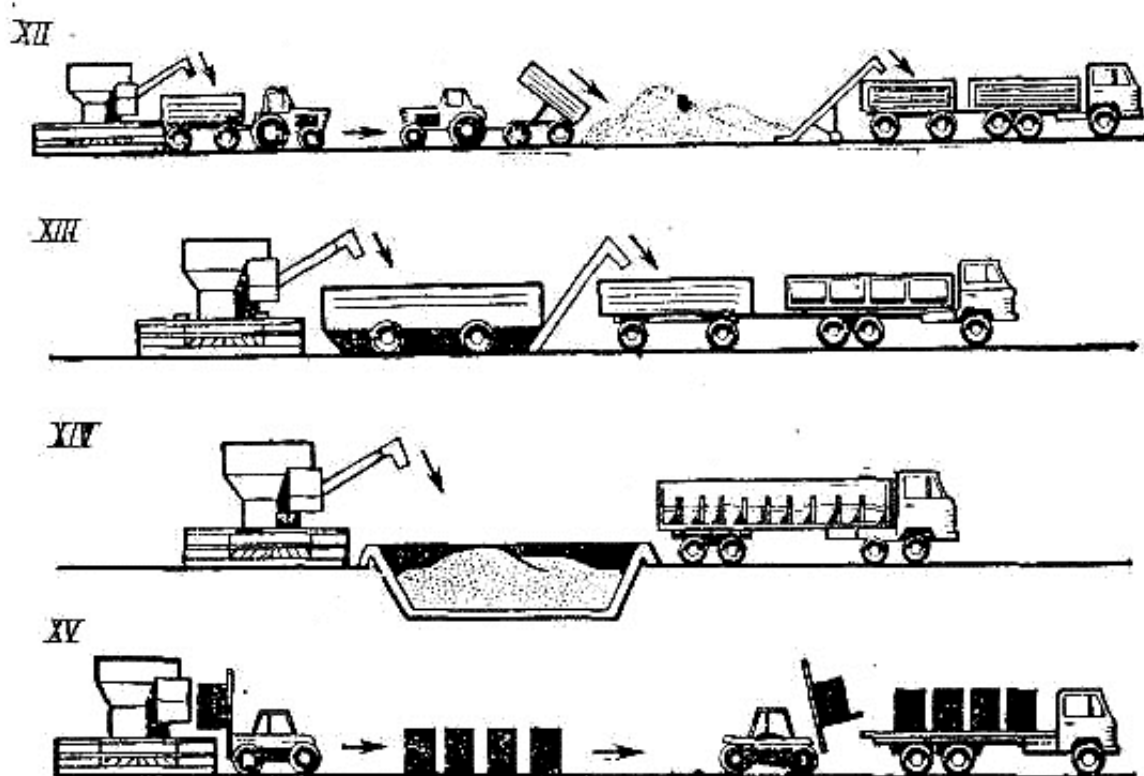


Рисунок 7.15 - Межсменные компенсаторы

Таблица 7.2 - Типы компенсаторов

Межоперационные		
передвижные		стационарно-передвижные
самоходные	прицепные	
Специальные бункера, устанавливаемые на колесные или гусеничные самоходные шасси (схема I); автомобили-перегрузчики (схема III)	Специальные бункера, устанавливаемые на прицепные шасси (схема II); автомобильные или тракторные прицепы и полуприцепы (схема V, VI); тракторные прицепы-перегрузчики (IV)	Автомобильные или тракторные прицепы или полуприцепы (схемы VII, VIII, IX); автомобили или тракторные поезда (схема X); съемные кузова автомобилей (схема XI)
Межсменные		
передвижные	стационарно-передвижные	стационарные
Сменные контейнеры, устанавливаемые на комбайны (схема XV)	Бункера большой вместимости, устанавливаемые на поле (схема XIII); съемные покрытия земляных площадок для кратковременного хранения зерна (схема XII)	Полевые площадки с твердым покрытием для кратковременного хранения зерна в поле или облицованные траншеи (схема XIV)

Рассмотрение схем перевозок зерна от комбайнов с использованием компенсаторов (рисунок 7.13, 7.14) позволил выявить и ряд недостатков:

- отсутствие заранее установленных мест разгрузки комбайнов (схемы I-IV);
- необходимость подъезда комбайна к компенсаторам (схемы VII-XI, XIII, XIV);
- отсутствие возможности строгого учета количества и контроля качества работы отдельных уборочных агрегатов (схемы II-XI, XIII, XIV);
- значительное увеличение потребности в прицепном составе (схемы V-IX);
- необходимость строительства на каждом поле стационарных компенсаторов (схема XIV);
- ограниченность объема стационарного компенсатора (схема XIII);
- необходимость создания специально оборудованных комбайнов и автомобилей (схемы V, XIV, XV);
- значительная потребность в специальных кузовах и контейнерах (схемы XI, XV).

Отсутствие твердо установленных мест разгрузки комбайнов вызывает необходимость переездов передвижных компенсаторов по полю, в связи с чем возрастает вероятность простоя комбайнов, увеличивается продолжительность пробега транспортных средств по полю, отпадает возможность использования автопоездов. По существу такая организация работ не отличается от обслуживания комбайнов автомобилями большой грузоподъемности при прямых перевозках зерна.

Необходимость иметь 4...6 автомобильных прицепов или 2...4 полуприцепа на один автомобиль-тягач в условиях острого дефицита в этом типе подвижного состава резко ограничивает области применения схем перевозок с исполь-

зованием прицепов и полуприцепов в качестве компенсаторов. Эти транспортные средства со значительно большим эффектом могут быть использованы на других видах перевозок, например, при перевозках зерна на хлебоприемные пункты.

Необходимость подъезда комбайнов для разгрузки к стационарным компенсаторам приводит к снижению их выработки на 15...20 %. Увеличение производительности транспортных средств, достигаемое в этом случае за счет снижения производительности уборочных агрегатов, естественно, не может быть признано рациональным.

Введение в технологическую цепочку между комбайнами и транспортными средствами промежуточного компенсационного звена позволяет значительно по сравнению с прямыми автомобильными перевозками сократить продолжительность сборочно-транспортных операций.

Наибольшими преимуществами перед прямыми перевозками обладает схема с использованием в качестве компенсаторов автомобилей или тракторных поездов – схема X (при работе водителя на двух транспортных средствах). Использование в качестве компенсаторов специальных бункеров, автомобилей – перегрузчиков, тракторных прицепов – перегрузчиков, автомобильных и тракторных прицепов и полуприцепов за исключением схем V и VIII дает практически одинаковые результаты.

В качестве межоперационных компенсаторов целесообразно использовать бункера, устанавливаемые на прицепные или самоходные шасси, автомобили – перегрузчики и тракторные прицепы - перегрузчики.

7.2.4 Перевозки с использованием межоперационных компенсаторов

При перевозках с использованием межоперационных компенсаторов работу организуют следующим образом:

- прокладывают разгрузочные магистрали;
- за разгрузочными магистралями закрепляются передвижные межоперационные компенсаторы, в которые выгружается зерно из комбайнов;
- транспортные средства загружаются на разгрузочных магистралях из передвижных межоперационных компенсаторов (рис. 7.15) или из комбайна, если же в момент загрузки транспортного средства к разгрузочной магистрали подходит комбайн с полным бункером.

Компенсаторы позволяют регулировать степень загрузки транспортных средств, чего не удастся достигнуть при прямых перевозках.

При комбитрейлерных перевозках (зерно от комбайнов отвозится только автопоездами) возможны два варианта. При первом варианте автопоезд, прибывший с тока, на краю поля расформировывается и автомобиль направляется на разгрузочную магистраль для загрузки из бункеров комбайнов. Порожние прицепы прицепляются к колесному трактору, и тракторный поезд также направляется на разгрузочную магистраль.

Загруженный автомобиль выезжает на дорогу, где формируется автопоезд, который затем направляется на ток. При втором варианте автомобили и автопоезда работают так же, как и в первом варианте, но здесь трактор не буксирует прицепы по магистрали при их загрузке, а расставляет на пути следования комбайнов. Это позволяет одним трактором обслуживать две разгрузочные ма-

гистрали.

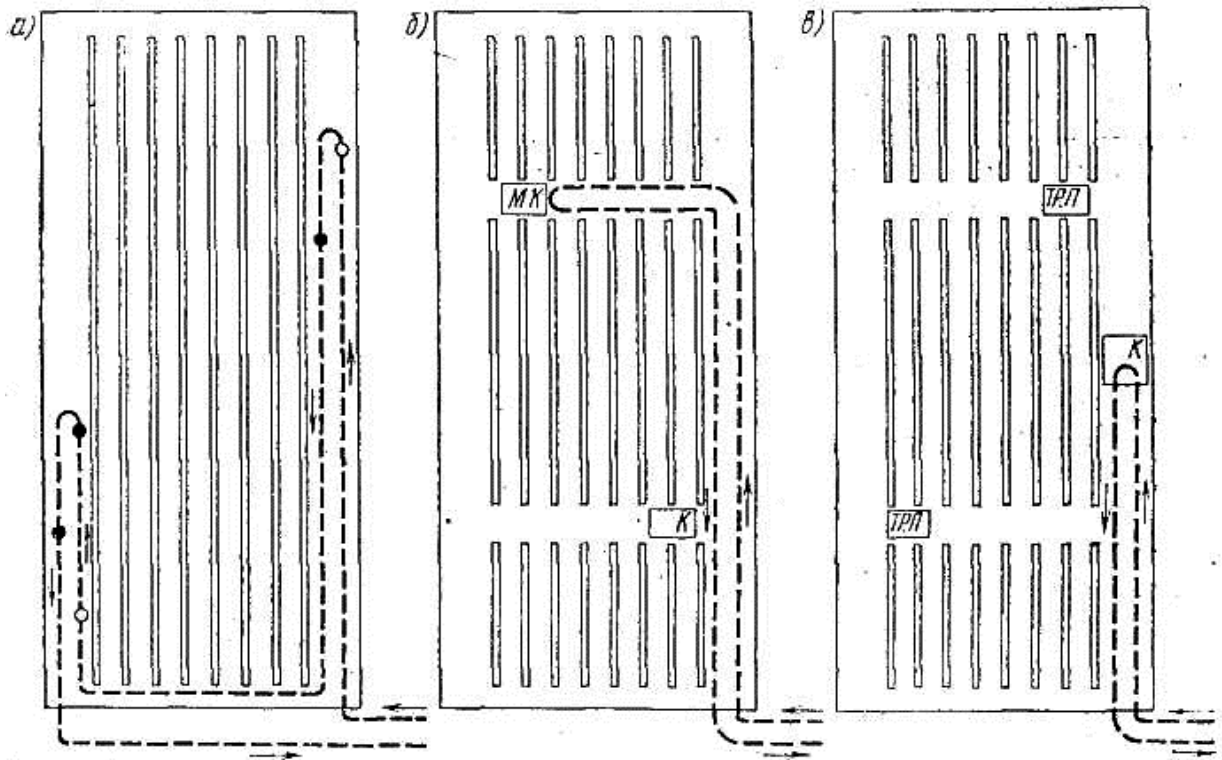


Рисунок 7.16 - Маршруты движения автомобилей по полю при различных схемах перевозки зерна: а – прямые автомобильные перевозки; б – перевозки с использованием межоперационных компенсаторов (МК); в – перевозки с использованием межрядного компенсатора (К); ТПП – тракторный поезд О - остановка в ожидании наполнения бункера комбайна; ● - остановка для погрузки

Для определения оптимальной емкости межоперационного компенсатора уборочно-транспортную бригаду представим как систему массового обслуживания с потерями (простой комбайна с полным бункером в ожидании разгрузки равносильна потере заявки).

Вместимость компенсатора определяется исходя из следующих условий: заявки поступают в компенсатор вместимостью, равной n заявкам, в случайные моменты времени, распределенные по пуассоновскому закону с параметром λ ; если заявка застает компенсатор полностью заполненным, то она теряется; транспортные средства обращаются к компенсатору также в случайные моменты времени; время обработки полученного транспортным средством массива заявок случайное, распределенное по показательному закону.

Вместимость межоперационного компенсатора, измеряемая числом бункеров зерна обслуживаемой марки комбайнов при заданной надежности обслуживания $(1-P_{отк})$

$$n = \frac{\lg P_{отк}}{\lg a - \lg(a+1)}, \quad (7.52)$$

$$a = \lambda t_{о.к.}$$

где $P_{отк}$ - вероятность потери заявки (остановка комбайна из-за невозможности

выгрузки зерна в компенсатор вследствие его заполнения); λ - интенсивность потока заявок (бункеров зерна) от группы комбайнов, бункеров 1/ч; $t_{o.k.}$ - время выгрузки среднего числа заявок, находящихся в компенсаторе, ч.

Оптимальная вместимость компенсатора ω зависит не только от интенсивности потока заявок и степени надежности обслуживания, но и от вместимости бункеров обслуживаемых комбайнов

$$\omega = \omega_k n, \quad (7.53)$$

где ω - вместимость компенсатора, м³; ω_k - вместимость бункера комбайна, м³

Для организации эффективной двухсменной работы транспортных средств при односменной работе комбайнов необходимо создать на поле межсменный задел зерна.

Простейший межсменный компенсатор может представлять собой площадку, покрытую брезентовым полотнищем, с находящимся на ней зернопогрузчиком.

При перевозках зерна с использованием межсменного компенсатора работа строится следующим образом:

- прокладывают разгрузочные магистрали, за которыми закрепляют мобильные межоперационные компенсаторы;
- зерно из комбайнов выгружается в мобильные межоперационные компенсаторы, располагающиеся рядом с дорогой;
- транспортные средства загружаются зернопогрузчиком на межсменном компенсаторе и перевозят зерно на ток.

В отличие от межоперационного вместимость межсменного компенсатора не зависит от изменения интенсивности потока заявок в течение смены. При ее расчете можно ориентироваться на среднюю величину λ_i . При условии равномерного вывоза зерна в течение всего времени работы транспортных средств вместимость межсменного компенсатора определяют по формуле

$$\omega = \frac{\lambda_i M (T_k - T_{об}) \omega_k}{T_A - 2T_{об}}, \quad (7.54)$$

где M - число комбайнов в бригаде; $T_k, T_A, T_{об}$ - продолжительность работы комбайнов, автомобилей и продолжительность обеденного перерыва, ч.

Улучшение показателей ресурсосбережения транспортных агрегатов для перевозки зерна по аналогии с перевозкой зеленой массы можно достичь путем оптимизации грузоподъемности и рабочей скорости.

При перевозке хлебной массы грузовыми автомобилями в первую очередь выбирается автомобиль и определяется его грузоподъемность Q_a по условию наиболее полной загрузки двигателя с учетом дорожных условий и возможности наращивания бортов.

Соответствующая рабочая скорость v_a определяется по балансу мощности с учетом дорожных условий.

Для тракторных транспортных агрегатов в общем случае имеется несколько вариантов прицепов и соответственно возможна оптимизация грузоподъемности и рабочей скорости. Критерий оптимальности соответствует минимуму

удельных энергозатрат при рабочем ходе агрегата. На рисунке 7.17 представлена номограмма для определения оптимальных параметров и скоростного режима тракторных транспортных средств для перевозки хлебной массы.

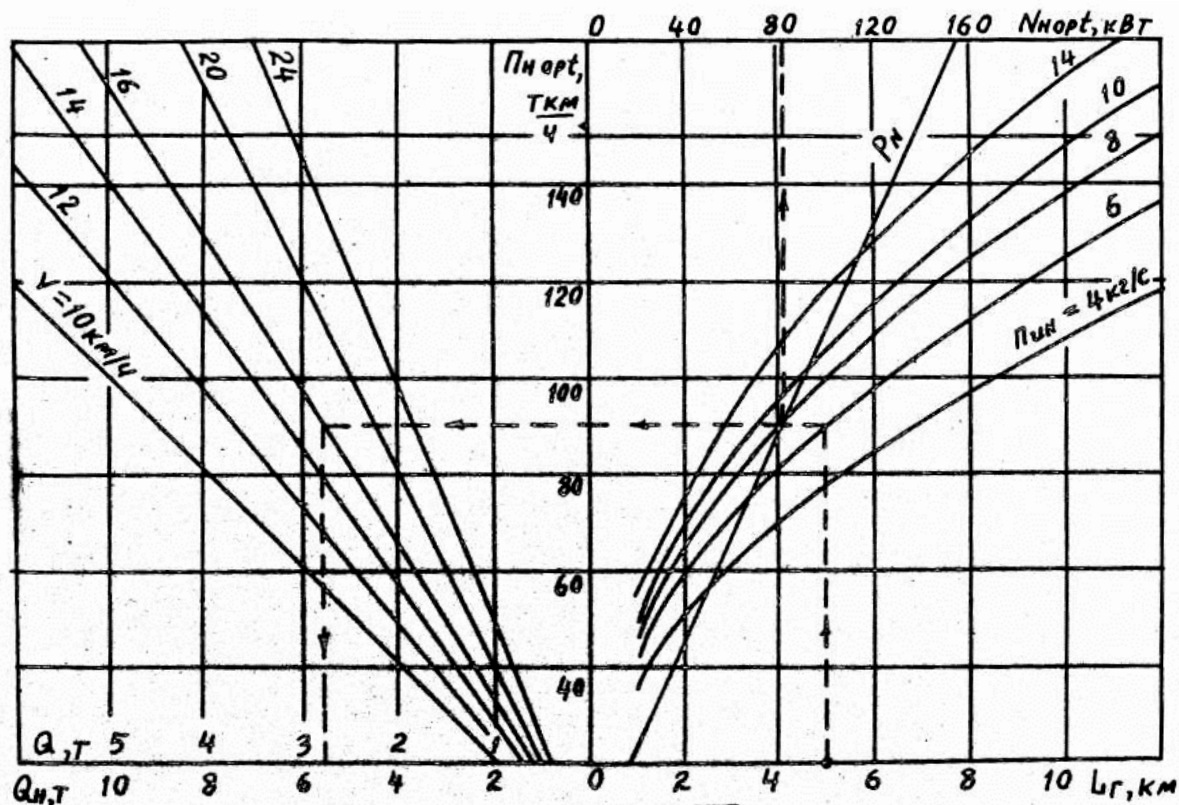


Рисунок 7.17 - Номограмма для определения оптимальных параметров и скоростного режима тракторных транспортных средств для перевозки хлебной массы: $P_{ин}$ – пропускная способность уборочного агрегата, кг/с

7.3 Перевозка картофеля

При заготовке продовольственного картофеля перевозка клубней осуществляется от комбайнов транспортными средствами на сортировальный пункт.

Эффективная работа комбайнов и транспортных средств подразумевает такую форму организации труда, при которой потери от простоя во взаимном ожидании обоих типов агрегатов будут наименьшими.

Особенно важно, чтобы такие простои комбайнов были как можно меньше. Сложность решения задачи заключается в том, что производительности как комбайнов, так и транспортных средств не остаются постоянными, а изменяются вероятностным образом из-за непостоянства скорости и влияния ряда других случайных факторов. Соответственно и решение рассматриваемой задачи может осуществляться вероятностными методами, в частности методами теории массового обслуживания, поскольку имеет место обслуживание одной группы агрегатов агрегатами другой группы.

Исследованиями и опытом работы передовых хозяйств установлено, что наиболее эффективной на уборке картофеля является групповая форма органи-

зации работы уборочных агрегатов и транспортных средств в виде уборочно-транспортных звеньев (УТЗ). При этом в составе УТЗ должно быть не более четырех-пяти картофелеуборочных комбайнов, каждый из которых должен работать на отдельном загоне.

Представленные расчеты выполнены применительно к наиболее распространенному двухрядному картофелеуборочному комбайну ККУ-2А, а также на перспективу рассматривается и четырехрядный самоходный комбайн типа КСК-4-1.

В качестве транспортных средств для перевозки картофеля от комбайнов на сортировальный пункт наиболее часто применяются автомобили самосвалы типа ГАЗ-САЗ-3507 грузоподъемностью 4т и тракторный транспорт типа МТЗ-80 + 2ПТС-4М грузоподъемностью также 4т.

Основная задача заключается в определении потребного числа транспортных средств в УТЗ для бесперебойного обслуживания всех комбайнов с учетом вероятностного характера изменения действующих факторов.

Для общности результатов практических расчетов целесообразно предварительно определить потребное число транспортных средств для обслуживания одного картофелеуборочного комбайна, а затем распространить результаты на все комбайны путем введения соответствующих поправочных коэффициентов.

Так как число комбайнов и транспортных средств в УТЗ ограничено, то имеет место замкнутая система массового обслуживания (СМО) с ожиданием (рис. 10.5). В упрощенном варианте при одном комбайне и соответствующем числе транспортных средств целесообразно рассматривать картофелеуборочный комбайн в виде обслуживающего звена-погрузчика СМО.

Вместимость бункера комбайна ККУ-2А составляет 0,8 т, что значительно меньше грузоподъемности транспортного средства (4 т), а комбайн КСК-4-1 вообще не имеет бункера.

В расчетах предполагается, что выгрузка клубней в кузов транспортного средства осуществляется в основном на ходу.

В качестве основного экономического критерия эффективности работы УТЗ целесообразно принять минимум суммы потерь от взаимного ожидания комбайна и транспортных средств, как представлено в п.п.7.1.

Тракторный транспорт на перевозке картофеля от комбайна более эффективен по затратам при расстоянии перевозки до 5...6 км, а при больших расстояниях более эффективен автомобильный транспорт.

Значение l_{Γ} обычно не превышает 20 км ($l_{\Gamma} \leq 20$ км). Приведенные данные позволяют определить значения плотности потока требований λ на всем практическом диапазоне изменения действующих факторов.

Усредненное значение производительностей W_K картофелеуборочных комбайнов ККУ-2А и КСК-4-1 можно выбрать по типовым нормативным данным. При этом выявлено, что для одного и того же комбайна значения W_K в пределах основных длин гона Центрального района 400...1000 м изменяются незначительно. Исходя из этого, для всех указанных длин гона можно принять усредненные значения производительности W_K в зависимости от урожайности картофеля. По значению W_K , используя формулу можно получить соответствующее значение интенсивности обслуживания μ при $Q_{\Gamma H} = 4$ т и $K_{\Gamma} = 1$.

Полученные описанным способом значения W_K и μ приведены в табл. 7.3.

Таблица 7.3 - Усредненные значения W_K и μ для комбайнов ККУ-2А и КСК-4-1 в зависимости от урожайности картофеля при длине гона 400...1000 м

Урожайность, т/га	ККУ-2А		КСК-4-1	
	W_K , т/ч	μ , л/ч	W_K , т/ч	μ , л/ч
до 15,0	2,878	0,719	7,986	1,996
15,0...20,0	3,500	0,875	9,500	2,375
20,0...25	4,178	1,044	12,875	3,219
более 25	4,928	1,232	15,643	3,911

При заготовке картофеля для продовольственных целей перевозка урожая от комбайнов осуществляется на сортировальный пункт. Исходя из этого, принят возможный диапазон изменения расстояний перевозки картофеля $l_T = 2 \dots 20$ км.

Приведенные данные позволяют обосновать оптимальный состав УТЗ на уборке картофеля для возможного диапазона изменения урожайности картофеля и расстояния перевозок.

Например, для обслуживания картофелеуборочных комбайнов ККУ-2А и КСК-4-1 при урожайности картофеля 20 т/га и расстоянии до сортировального пункта $l_T = 6$ км с использованием тракторного транспорта МТЗ-80+2ПТС-4М получено оптимальное число транспортных средств соответственно $n_{1opt\Sigma} = 2$ и $n_{2opt\Sigma} = 3$.

Оптимальное потребное число транспортных средств для обслуживания всех комбайнов УТЗ определяется в соответствии с равенством

$$n_{opt} = m_K n_{1opt} \beta, \quad (7.55)$$

где m_K – число картофелеуборочных комбайнов в УТЗ; n_{1opt} – потребное оптимальное количество транспортных средств для обслуживания одного комбайна; β – поправочный коэффициент.

Рекомендуемые на основании исследований значения поправочного коэффициента β в зависимости от числа картофелеуборочных комбайнов m_K в УТЗ приведены в таблице 7.4.

Таблица 7.4 - Рекомендуемые значения поправочного коэффициента β в зависимости от числа комбайнов m_K

m_K	1	2	3	4	5
β	1	0,96	0,90	0,87	0,85

Как указано ранее, число комбайнов в УТЗ m_K по организационным соображениям не должно быть более пяти ($m_K \leq 5$).

В указанном диапазоне в зависимости от средней площади одного поля в хозяйстве, наличие техники и других факторов возможные значения m_K в УТЗ.

Полученные описанным способом оптимальные значения потребного числа транспортных средств n_{opt} типа МТЗ-80+2ПТС-4т и ГАЗ-САЗ-3507 для перевозки картофеля от комбайнов ККУ-2А и КСК-4-1 приведены соответственно в

таблицах 7.5 и 7.6 с учетом урожайности и расстояния перевозки. При расстояниях перевозки $l_r \leq 6$ км числитель соответствует потребному числу автомобилей, а знаменатель – числу тракторов с прицепами, только одно число указывает на количество автомобилей.

Таблица 7.5 - Потребное число транспортных средств для перевозки картофеля от двухрядных комбайнов ККУ-2А (числитель – автомобили, знаменатель – тракторы с прицепами)

Урожайность, т/га	Число комбайнов в УТЗ	Расстояние перевозки, км						
		2	4	6	8	12	16	20
до 15	1	1/1	1/1	1/1	1	2	2	3
	2	2/2	2/2	2/2	2	4	4	6
	3	3/3	3/3	3/3	3	5	5	8
	4	4/4	4/4	4/4	4	7	7	10
	5	4/4	4/4	4/4	4	8	9	13
15...20	1	1/1	1/1	1/2	2	2	3	3
	2	2/2	2/2	2/4	4	4	6	6
	3	3/3	3/3	3/5	5	5	8	8
	4	4/4	4/4	4/7	7	7	10	10
	5	4/4	4/4	4/8	8	8	13	13
20...25	1	1/1	1/1	1/2	2	2	3	4
	2	2/2	2/2	2/4	4	4	6	8
	3	3/3	3/3	3/5	5	5	8	11
	4	4/4	4/4	4/7	7	7	10	14
	5	4/4	4/4	4/8	8	8	13	17
более 25	1	1/1	1/2	2/2	2	3	4	4
	2	2/2	2/4	4/4	4	6	8	8
	3	3/3	3/5	5/5	5	8	11	11
	4	3/3	3/7	7/7	7	10	14	14
	5	4/4	4/8	8/8	8	13	17	17

Данные таблицы 7.5 применимы к любым другим двухрядным картофелеуборочным комбайном типа Е–688/7, Е–665/6, Е–667/2, так как рабочие скорости движения у них близки между собой.

Для трехрядного комбайна типа Е–684 потребное число транспортных средств можно определить как среднее значение из таблиц 7.5 и 7.6, например, при урожайности картофеля 15...20 т/га и расстоянии перевозки 12 км для таблицы 7.5 - 7 автомобилей, а для четырех четырехрядных комбайнов из таблицы 7.6 имеем 14 автомобилей. Соответственно для трехрядного комбайна требуется в среднем 10...11 автомобилей.

Таким образом, используя полученные результаты исследований представляется возможность обеспечить эффективную взаимосвязанную работу картофелеуборочных агрегатов и транспортных средств при наименьших потерях от их взаимного ожидания, в зависимости от урожайности и расстояния пе-

ревозки картофеля.

Таблица 7.6 - Потребное число транспортных средств для перевозки картофеля от четырехрядных комбайнов КСК-4-1

(числитель – автомобили, знаменатель – тракторы с прицепами)

Урожайность, т/га	Число комбайнов в УТЗ	Расстояние перевозки, км						
		2	4	6	8	12	16	20
до 15	1	1/1	1/2	2/3	2	3	4	5
	2	2/2	2/4	4/6	4	6	8	10
	3	3/3	3/5	5/8	5	8	11	13
	4	4/4	4/7	7/10	7	10	14	17
	5	4/4	4/8	8/13	8	13	17	21
15...20	1	1/1	½	2/3	3	4	4	6
	2	2/2	2/4	4/6	6	8	8	11
	3	3/3	3/5	5/8	8	11	11	16
	4	4/4	4/7	7/10	10	14	14	21
	5	4/4	4/8	8/13	13	17	17	25
20...25	1	1/2	2/3	3/4	3	5	6	7
	2	2/4	4/6	6/8	6	10	11	13
	3	3/5	5/8	8/11	8	13	16	24
	4	3/7	7/10	10/14	10	17	21	24
	5	4/8	8/13	13/17	13	21	25	30
более 25	1	2/2	2/4	3/5	4	6	7	9
	2	4/4	4/8	6/10	8	11	13	17
	3	5/5	5/11	8/13	11	16	19	24
	4	7/7	7/14	10/17	14	21	24	31
	5	8/8	8/17	13/21	17	25	30	38

7.4 Перевозка сена и соломы

Сено и солома (грубые корма) в зависимости от способа уборки и комплекса применяемых машин могут транспортироваться как неизмельченная, измельченная, непрессованная или прессованная масса.

Плотность прессованного сена и соломы примерно в 3 раза больше, чем непрессованного, поэтому при перевозке первых можно полнее использовать грузоподъемность транспортных средств и значительно снизить себестоимость работ.

Наиболее распространены три способа уборки и транспортировки сена.

На естественных сенокосах и сенокосах сеяных трав в зоне неорошаемого земледелия сено укладывают на временное хранение на сенокосном участке в стога и скирды. В дальнейшем эти скирды в течение осенне-зимнего периода либо перевозят на прифермские участки и там складывают в большие скирды, либо вывозят мелкими партиями для ежедневного скормливания животным.

Сено перевозят на грузовых автомобилях, на тракторных прицепах, санях или на конных повозках.

При втором способе (в пустынно-степных зонах и при уборке сочных трав в лесолуговой зоне) сено на сенокосных участках собирают в копны, а затем на автомобилях, тракторных прицепах или на конных повозках доставляют в хозяйство, где и укладывают на длительное хранение в скирды.

При третьем способе уборки скошенное сено сгребают в валки, из которых оно подбирается и прессуется пресс-подборщиками в тюки весом 30 кг. Тюки с помощью тюкоподборщиков грузят в кузова автомобиля и перевозят к месту хранения. Тюки из автомобилей выгружаются с помощью стогометателей-погрузчиков.

Примерно по таким же схемам может быть организована уборка и транспортировка соломы.

Непрессованное сено и солому транспортируют различными машинами.

Для погрузки сена и соломы применяют стогометатели-погрузчики СНУ-0,5, СШУ-0,5К. Погрузчик ПФ-0,5 укомплектован грабельной решеткой, вилами, ковшом, крюком для штучных грузов и поворотной стрелой. Он агрегируется с тракторами класса 1,4. Погрузчик ПФ-0,5 унифицирован с погрузчиками СШУ-0,5К и СНУ-0,5 соответственно на 55 и 25 %.

В сочетании со стогометателями-погрузчиками, работает прицепной стогообразователь СПМ-200, который подбирает копны сена и соломы, формирует стог, транспортирует и сбрасывает его на место хранения.

Копны сена и соломы, сено из валков подбирают и транспортируют с поля к местам хранения или скирдования универсальным навесным копновозом КУН-10, который агрегируют с тракторами типа класса 1,4.

Для подбора сена из валков, погрузки сена в транспортные средства, подвозки и стогования сена и соломы, а также для выполнения других работ служит приспособление ПШД-500А, навешиваемое на универсальный грейферный погрузчик ПШ-0,4.

При уборке зерновых культур солому измельчают универсальным приспособлением. Полову собирают в прицепленный к комбайну самосвальный прицеп, а солому (цельную или измельченную) укладывают в валки, которые затем подбирают фуражиром ФН-1,2 с приспособлением ПВФ-1,4, агрегируемым с тракторами класса 1,4 или 3. Провяленную траву из валков в транспортные средства подбирают и грузят косилкой – подборщиком – измельчителем – погрузчиком КУФ-1,8.

Непрессованное сено и солому также перевозят на бортовых автомобилях, тракторных поездах и специальных стоговых (скирдовозах).

На автомобилях корма перевозят как при закрытых, так и при открытых бортах. Для этого между дном кузова и рамой прокладывают два-три дополнительных поперечных бруса длиной 3-3,5 м и опускают на них борта автомобиля. Поверх бортов над брусками укладывают доски, которые соединяют с брусками стяжными болтами. На груз укладывают гнет, передний конец которого крепят веревкой к раме за кабиной, а задний – к крючкам платформы или прицепному крюку.

Тракторные поезда для транспортирования сена и соломы комплектуют

как прицепами специализированными для перевозки легковесных грузов, так и прицепами общего назначения с наращенными бортами. Легковесные материалы перевозят на прицепах ПСЕ-12,5, ПСЕ-20, ПСЕ-30, ПСЕ-40, ПСТ-Ф-60 и ПСТ-Ф-60-1. Сено и солому перевозят также в переоборудованных тракторных прицепах различных конструкций.

Для механизированной погрузки, перевозки и выгрузки отрезанных частей скирд (стогов) сена и соломы применяют тракторный прицеп-стоговоз ТПС-6. Погрузку, транспортировку и выгрузку сена и соломы из скирд, отдельно стоящих стогов и куч, предварительно образованных копновозом или волокушей, выполняют тракторным прицепом-стоговозом.

7.5 Перевозка прессованных кормов

Сено и солому прессуют в тюки пресс-подборщиками. На транспортные средства тюки грузят сборщиком-погрузчиком СТБ на тракторе класса 1,4, а также тюкопогрузчиком ПТБ-5, устанавливаемым на пресс-подборщиках.

Подбирают тюки за пресс-подборщиками, формируют из них штабеля и из последних стога также прицепной тележкой – подборщиком-тюкоукладчиком ГУТ-2,5. Основными рабочими органами машины служат подбирающий механизм и система платформ.

Штабель, образованный тележкой – подборщиком-тюкоукладчиком ГУТ-2,5, грузят, транспортируют, разгружают и устанавливают в скирду на месте складирования навесным транспортировщиком штабеля ТШН-2,5, навешиваемым на шасси автомобиля ЗИЛ-ММЗ-555. Перед погрузкой штабеля захваты ТШН-2,5 разводят в стороны до предела. Автомобиль подают задним ходом вплотную к штабелю, подвижную часть платформы опускают и зубья захватов вводят под штабель. После этого платформа наклоняется для того, чтобы штабель лег на нее. Подвижной частью платформы штабель прижимается к передней стенке и загруженную платформу опускают на подрамник автомобиля. Закрепив платформу, штабель транспортируют к месту складирования. Разгружают и устанавливают штабель в скирду в обратной последовательности.

Сенаж хранят в герметичных башнях, полубашнях и траншеях. Вместимость башни – 250...1600 м³, траншеи – от 120 до 400 т, траншеи для силоса – 1000, 2000, 3000 и 3500 т.

После заполнения траншеи массу укрывают так, чтобы в нее не попадали влага и воздух. Лучший материал для укрытия – полиэтиленовая пленка. Ее склеивают в полосы, укладывают поверх массы и присыпают соломой или опилками слоем 35...40 см, а затем землей слоем 20...30 см. Края пленки закладывают в канаву вокруг траншеи и присыпают землей. Земляное укрытие утрамбовывают для стока воды.

7.6 Транспортировка и внесение твердых органических удобрений

Важнейшим условием экономичного выполнения технологии внесения удобрений является правильный выбор состава агрегата в соответствии с кон-

кретными условиями работы.

Нерациональное сочетание транспортной и полевой работы, выполняемой данными агрегатами приводит к ухудшению технико-экономических показателей их использования.

При малых расстояниях транспортировки и дозах внесения удобрений агрегат призван в большей мере отвечать требованиям, предъявляемым к полевому агрегату, а при противоположных условиях - транспортному МТА. Первому варианту свойственны частые остановки, что приводит к значительному снижению производительности более мощных агрегатов. Второму - излишнее грузоперемещение при транспортировке удобрений маломощными МТА, при этом выполняется малый объем полевой работы, простаивают загрузочные средства, возрастает холостой пробег.

При каждом сочетании природно-производственных условий наиболее экономичным будет агрегат, отвечающий требованиям одновременно как полевого, так и транспортного МТА.

Методика выбора оптимальных МТА учитывает влияние изложенных особенностей в виде математических связей, представленных в виде номограммы (рис. 7.18).

В I квадранте представлено множество возможных сочетаний условий работы, определяющие удельную грузовместимость (ω) машины и длину распределения удобрений по полю (L_p) графическая зависимость которой отражена в I квадранте.

Во 2 и 3 квадрантах иллюстрируются энергетическая потребность процесса при производительности загрузчика более 50 т/ч и сочетаний условий в зависимости от экономического критерия оптимальности.

В 4, 4а, 4б квадрантах приводятся графики зависимостей ширины распределения удобрений (b), грузовместимости машины (Q), скоростей движения агрегата с грузом по полю (V_p) и дороге ($V_{тр}$) подачи (q) удобрений от мощности (N) двигателя и удельной грузовместимости (ω), т.е. ($b, Q, V_p, V_{тр}$) = $f(N, \omega)$

В 4 квадранте одна кривая (C), выделенная из области оптимальных значений параметров, характеризует изменение параметра (b) от N и ω для существующих МТА. Другая кривая ($У$) приведена для усовершенствованных агрегатов, тех у которых уменьшено значение (b) за счет уменьшения частоты вращения верхнего распределяющего барабана. Изменение (b) позволяет расширить зону эффективного использования МТА при других сочетаниях природно-производственных условий работы агрегатов.

В 5 и 6 секторах номограммы отражены графические зависимости эксплуатационной производительности (W) и приведенных затрат (C) от оптимальных параметров МТА.



216

Значения длины гона (L) и угла склона (α) поля приняты усредненными для зоны соответственно 400...600 м и 2°.

По значению ω определяется марка машины и агрегатируемый с ней трактор.

Агрегаты для внесения твердых органических удобрений работают преимущественно по прямоточной схеме. Групповая работа однотипных МТА в виде звеньев, отрядов является рациональной формой их использования.

Эффективность применения данных агрегатов обеспечивается и за счет соответствия количественного состава основных и загрузочных средств для конкретных природно-производственных условий.

7.7 Комплектование энергосберегающих тракторных транспортных агрегатов

Тракторные транспортные агрегаты можно рассматривать как частный случай тягового агрегата, где рабочей машине соответствует тракторный прицеп.

Для тракторных транспортных агрегатов прежде всего необходимо обосновать потребную в заданных условиях мощность и выбрать соответствующую марку трактора. Потребная мощность для тракторных транспортных агрегатов зависит от расстояния перевозки, класса груза и группы дорог. Наиболее распространенными в сельском хозяйстве являются грузы первого класса и дороги второй группы.

После выбора конкретной марки трактора задача комплектования транспортного агрегата сводится к выбору энергосберегающих значений рабочей скорости и массы перевозимого груза, а также соответствующих показателей работы агрегата. Решение данной задачи осуществляется с помощью номограммы, представленной на рис. 7.19.

Для пользования номограммой требуются энергонасыщенность и масса t_3 выбранного трактора, а также удельное тяговое сопротивление прицепов $K_{\Sigma a}$.

Если пренебречь сопротивлением воздуха и принять приближенно равными коэффициенты сопротивления качению трактора f и прицепа f_{Π} ($f \approx f_{\Pi}$), то значение $K_{\Sigma a}$ определяется из равенства

$$K_{\Sigma a} = g \cdot \left(1 + \frac{\sigma_{\Pi}}{K_{\Gamma}} \right) \cdot \psi_{\Pi}, \quad (7.56)$$

где $g=9,81$ - ускорение свободного падения, м/с²; σ_{Π} - отношение массы прицепа к его грузоподъемности; K_{Γ} - коэффициент использования грузоподъемности; α - средний угол склона, град; f_{Π} - коэффициент сопротивления качению прицепа.

На основании статистических данных для тракторных прицепов получено $\sigma_{\Pi}=0,425$. Коэффициент использования грузоподъемности K_{Γ} зависит от класса груза и по нормативным данным имеет значения: I - для грузов первого класса; 0,99...0,71 - для грузов второго класса; 0,70...0,51 - для грузов третьего класса; 0,50...0,41 - для грузов четвертого класса.

Коэффициент сопротивления качению прицепа f_{Π} по нормативным данным имеет значения: 0,05 – для дорог первой группы; 0,10 – для дорог второй группы; 0,16 – для дорог третьей группы.

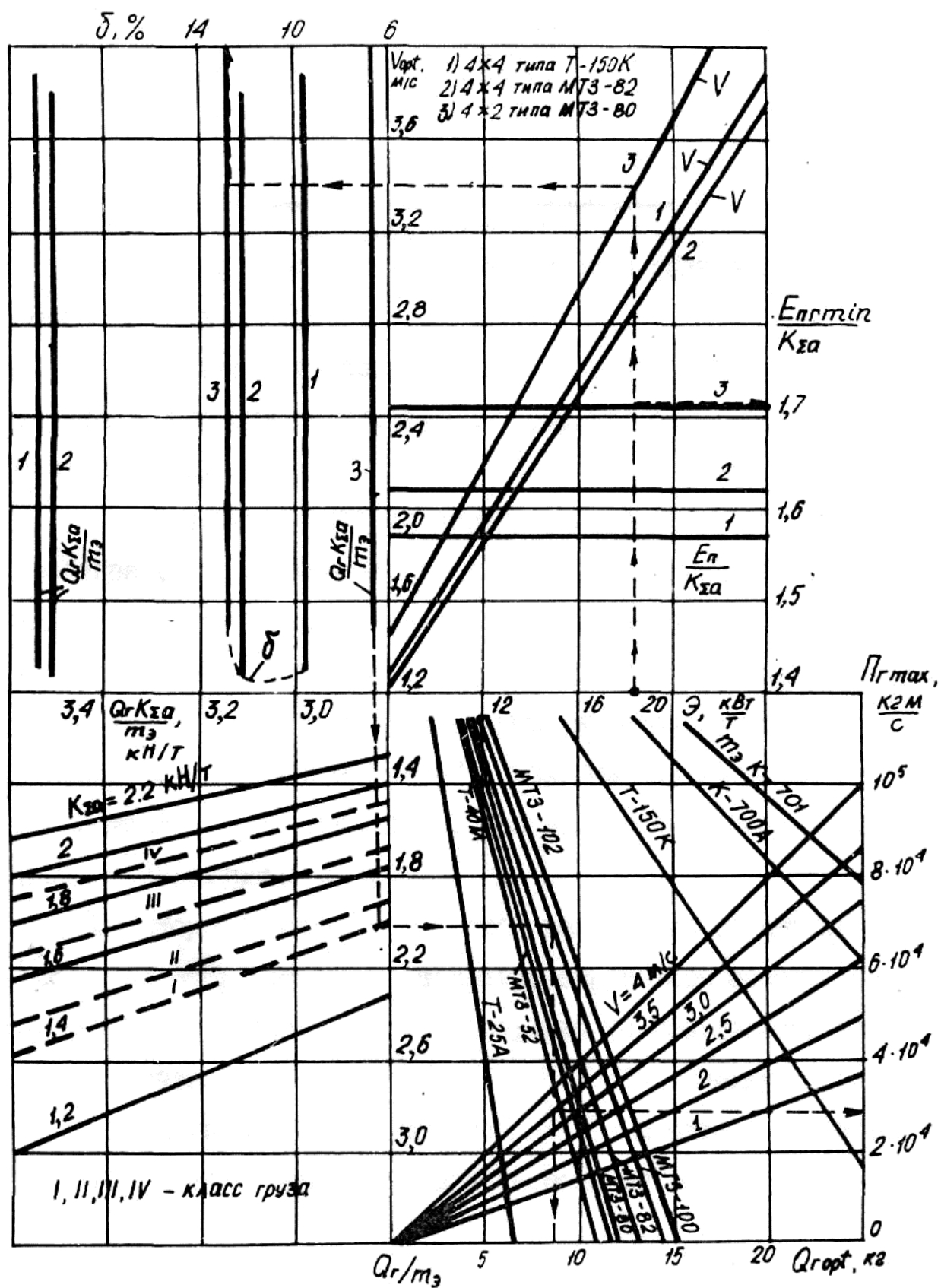


Рисунок 7.19 - Номограмма для комплектования энергосберегающих тракторных транспортных агрегатов с колесными тракторами

На основании приведенных данных можно получить усредненные значения K_{Σ} в зависимости от класса груза и группы дорог, которые приведены в таблице 7.7.

Таблица 7.7 - Усредненные значения $K_{\Sigma a}$ для тракторных прицепов в зависимости от класса груза и группа дорог (при $\alpha \approx 0$)

Группа дорог \ Класс груза	I	II	III	IV
	I	II	III	IV
1	0,70	0,73	0,84	0,95
2	1,40	1,47	1,67	1,90
3	2,24	2,35	2,68	3,035

При необходимости учета угла склона данные таблицы следует соответствующим образом увеличить.

Последующее определение состава и скоростного режима транспортного агрегата по номограмме (рисунок 7.19) осуществляется в следующем порядке.

В первом квадранте по энергонасыщенности \mathcal{E} выбранного трактора в последовательности, указанной стрелками, в зависимости от типа трактора определяется оптимальная скорость V_{opt} с грузом, а также по правой вертикальной шкале соотношение $E_{ПГmin} / K_{\Sigma a}$ между минимальными энергозатратами и удельным сопротивлением $K_{\Sigma a}$. Умножив данные шкалы $E_{ПГmin} / K_{\Sigma a}$ на значение $K_{\Sigma a}$ из табл. 7.7, получим минимальные в данных условиях энергозатраты $E_{ПГmin}$.

Во втором квадранте с учетом полученной оптимальной скорости V_{opt} для выбранного типа трактора определяем соответствующее буксование трактора δ_{opt} (верхняя горизонтальная шкала) и промежуточное соотношение $Q_{Г} K_{\Sigma a} / T_{\mathcal{E}}$ между массой груза $Q_{Г}$, удельным сопротивлением $K_{\Sigma a}$ и массой трактора $T_{\mathcal{E}}$.

В третьем квадранте в зависимости от выбранного из табл. 7.7. значения $K_{\Sigma a}$ определяем соотношение $Q_{Г} / T_{\mathcal{E}}$ между массой груза $Q_{Г}$ и массой энергомашины $T_{\mathcal{E}}$.

В четвертом квадранте для выбранной марки трактора определяем оптимальную массу перевозимого груза $Q_{Гopt}$. Поделив $Q_{Гopt}$ на $K_{Г}$ перевозимого груза, получим потребную грузоподъемность, по которой выбирается требуемый прицеп или два прицепа. В этом же квадранте в зависимости от выбранной ранее скорости определяем максимальную чистую производительность $П_{Гтах} = Q_{Гopt} V_{opt}$ (кг м/с). На этом завершается процесс комплектования энерго-сберегающих транспортных агрегатов.

Список использованных источников

1. Васильев А.П., Баловнев В.И., Корсунский М.Б. и др. Ремонт и содержание автомобильных дорог. Справочник инженер-дорожника. – М.: «Транспорт», 1989. – 288 с.
2. Демидова Л. Тяжеловесы российских дорог // Автобизнес. – 2004. № 53. – С. 4-13
3. Зангиев А.А., Андреев О.П. Оптимизация параметров и режимов работы агрегатов для уборки зерновых культур по индустриально-поточной технологии. – М.: Информагротех, 1996. – 124 с.
4. Зангиев А.А., Дидманидзе О.Н., Мотылев В.С. Оптимизация производственных процессов по заготовке и реализации картофеля. – М.: Колос, 1997. – 115 с.
5. Машины и оборудование для АПК, выпускаемые в регионах России / Каталог. Том.2 – М.: Информагротех, 1998. – 284 с.
6. Механизация погрузочно-разгрузочных работ в сельском хозяйстве. М., «Колос», 1973. – 272 с.
7. Моржаретто И. Дороги, которые нам не построят // За рулем. – 2004. № 6. – С. 22-23
8. Моржаретто И. На подъеме // За рулем. – 2005. № 3. – С. 102
9. Наземные тягово-транспортные системы. Энциклопедия. Ред. Совет: И.П. Ксенович (пред.) и др. М.: Машиностроение. Наземные тягово-транспортные системы. Том 3/И.П. Ксенович, В.А. Гоберман, Л.А. Гоберман. Под ред. И.П. Ксеновича, 2003. – 787 с.
10. Наземные тягово-транспортные системы. Энциклопедия. Ред. Совет: И.П. Ксенович (пред.) и др. М.: Машиностроение. Наземные тягово-транспортные системы. Том 2/И.П. Ксенович, В.А. Гоберман, Л.А. Гоберман. Под ред. И.П. Ксеновича, 2003. – 878 с.
11. Области эффективного взаимодействия специальных и универсальных видов транспорта. Под ред. В.С. Коновалова. М., «Транспорт», 1997. – 384 с.
12. Перевозки и подъемно-транспортные средства в сельском хозяйстве. Пер. с нем. и предисл. М.И. Серебряного. М., «Колос», 1978. – 327 с.
13. Подъемно-транспортное и складское оборудование. Каталог. М.: Информагротех, 1992. – 114 с.
14. Рыбаков К.В., Дидманидзе О.Н. Автотранспортные процессы и системы. Учебное пособие. – М.: УМЦ «ТРИАДА», 2004. – 128 с.
15. Рыбаков К.В., Дидманидзе О.Н., Карпекина Т.П., Пуляев Н.Н. Автозаправочные процессы и системы в полевых условиях. – М.: УМЦ «ТРИАДА», 2004. – 292 с.
16. Савин В.И. Перевозки грузов автомобильным транспортом: Справочное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство «Дело и сервис», 2004. – 544 с.
17. Сельскохозяйственная техника. Каталог. Том 1. Под общ. ред. В.И. Черноиванова М.: Информагротех, 1991. – 364 с.

18. Сельскохозяйственная техника. Каталог-дополнение. Под ред. Л.П. Кормановского М.: Информагротех, 1993. – 112 с.
19. Строительная, дорожная и специальная техника. Краткий справочник /Глазов А.А., Манаков Н.А., Понкратов А.В. – М.: АО «ПРОФТЕХНИКА», 1998. – 640 с.
20. Техника для АПК, представленная на 5-й российской агропромышленной выставке «Золотая осень»: кат. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 268 с.
21. Чаботаев А.А. Специализированные автотранспортные средства: выбор и эффективность применения. – М.: Транспорт, 1988.–159 с.
22. Шестопалов К.К. Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование: Учеб. Пособие. – М.: мастерство, 2002. – 320с.
23. www.agromage.com/tech
24. www.avtomash.ru/balashov
25. www.rosavtodor.ru/information
26. www.salskselmash.ru
27. www.workmash.ru/catalog

Содержание

Введение	3
1 Единая транспортная система РФ.....	4
1.2 Основные понятия о транспорте.....	6
1.3 Показатели работы транспорта.....	8
1.4 Деятельность автомобильного транспорта Российской Федерации в современных условиях.....	12
1.5 Транспорт в сельскохозяйственном производстве.....	15
2 Автомобильные дороги.....	20
2.1 Классификация автомобильных дорог.....	25
2.2 Технические показатели автомобильных дорог.....	28
2.3 Искусственные сооружения.....	33
2.4 Требования по безопасности дорожного движения к автомобильным дорогам.....	35
2.5 Содержание дорог.....	36
3 Грузы.....	38
3.1 Классификация грузов.....	38
3.2 Особенности сельскохозяйственных грузов.....	42
3.3 Упаковка и тара.....	47
3.4 Маркировка грузов.....	64
3.5 Пломбирование и обандероливание грузов.....	71
4 Автотранспортные процессы.....	74
4.1 Основные элементы автотранспортного процесса.....	74
4.2 Производительность автотранспортного процесса.....	79
4.3 Себестоимость автотранспортного процесса.....	87
4.4 Транспортно - эксплуатационные показатели автотранспортных си- стем.....	92
4.5 Движение АТС.....	108
4.6 Количество АТС на кольцевых маршрутах.....	117
4.7 Моделирование транспортных сетей.....	120
5 Транспортно-производственные процессы.....	124
5.1 Классификация транспортно-производственных процессов.....	124
5.2 Структуры циклов транспортно-производственных процессов.....	128
5.3 Расчет циклов транспортно-производственных процессов и транс- портных циклов.....	130
5.4 Оценочные показатели организационно-технического уровня ТПП	135
5.5 Структура суточного времени подвижного состава.....	140
5.6 Производительность ТПП.....	141
5.7 Потребность в подвижном составе при ТПП.....	144
5.8 Экономичность ТПП.....	145
6 Автомобильные грузовые перевозки.....	152
6.1 Классификация автомобильных грузовых перевозок.....	152
6.2 Децентрализованные перевозки грузов.....	153
6.3 Централизованные перевозки грузов.....	154
6.4 Перевозки грузов большими партиями (массовые перевозки).....	156
6.5 Перевозки грузов мелкими партиями (мелкопартионные перевозки)	156

6.6 Бестарные перевозки грузов.....	158
6.7 Тарные перевозки грузов.....	158
6.8 Контейнерные перевозки грузов.....	159
6.9 Пакетные перевозки грузов.....	175
6.10 Перспективный типаж технических средств для контейнерных и пакетных перевозок грузов.....	178
7 Перевозки сельскохозяйственных грузов.....	179
7.1 Перевозки силосной массы.....	179
7.2 Перевозки зерна от комбайнов на ток.....	199
7.3 Перевозка картофеля.....	208
7.4 Перевозка сена и соломы.....	212
7.5 Перевозка прессованных кормов.....	214
7.6 Транспортировка и внесение твердых органических удобрений....	215
7.7 Комплектование энергосберегающих тракторных транспортных аг- регатов.....	217
Список использованных источников	220