

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НОВОЗЫБКОВСКИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ
ТЕХНИКУМ –
ФИЛИАЛ ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**КОМПЛЕКТОВАНИЕ
МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТ**

ПОСОБИЕ

Брянск 2015

УДК 631.3.004.58

ББК 40.72

К 63

Комплектование машинно-тракторных агрегатов для выполнения сельскохозяйственных работ: учебное пособие/Сост. Ю.В. Коновалов. - Брянск: Издательство Брянского ГАУ, 2015. – 96 с.

Курс лекций составлен в соответствии с рабочей программой по профессиональному модулю ПМ02 «Эксплуатация сельскохозяйственной техники». Помимо теоретического материала в нем содержатся контрольные вопросы и список литературы для подготовки к занятиям.

Печатается по решению методического совета Новозыбковского филиала Брянского ГАУ.

© Коновалов Ю.В., 2015

© ФГБОУ ВО «Брянский

государственный

аграрный университет»

Новозыбковский филиал, 2015

Содержание

Тема 1.1 Производственные процессы	5
и энергетические средства в сельском	5
хозяйстве	5
1. Производственные процессы в сельском хозяйстве	5
2. Энергетические средства сельскохозяйственного	
производства	6
3. Классификация сельскохозяйственных тов	6
4. Условия и особенности использования машин	8
в сельскохозяйственном производстве	8
5. Основные факторы, влияющие на качество	9
выполнения технологических операций и урожайность	
сельскохозяйственных культур	9
Тема 1.2 Эксплуатационные свойства и показатели	11
работы МТА	11
1. Эксплуатационные свойства машин и	11
агрегатов	11
2. Эксплуатационные показатели и режимы работы	
тракторных двигателей	12
3. Силы, действующие на трактор	17
4. Баланс мощности трактора	21
5. Уравнение движения агрегата. Тяговый баланс трактора	25
6. Тяговый баланс трактора	27
7. Тяговая характеристика трактора и ее использование при	
эксплуатационных расчетах	28
8. Эксплуатационные показатели сельскохозяйственных	
машин	31
9. Сцепки и их эксплуатационные показатели	36
Тема 1.3 Основы рационального комплектования МТА	38
1. Основные требования, предъявляемые к МТА	38
2. Способы определения числа машин в агрегате	39
3. Аналитический метод расчета тяговых агрегатов	40
4. Технологическая наладка машин и агрегатов	44
Тема 1.4 Движение МТА	48
1. Способы движения машинно-тракторных агрегатов	48

Тема 1.5 Производительность МТА, пути её повышения	60
1. Производительность машинно-тракторного агрегата	60
2. Баланс времени смены	66
3. Пути повышения производительности машинно-тракторных агрегатов	68
Тема 1.6 Эксплуатационные затраты при работе МТА	69
1. Затраты труда и денежных средств	69
Тема 1.7 Основы технического нормирования	74
механизированных работ	74
1. Понятие о техническом нормировании труда	74
2. Методы технического нормирования	75
3. Паспортизация полей	77
4. Рациональная технология и организация работ	78
Тема 1.8 Транспорт в сельском хозяйстве	78
1. Виды транспортных средств, применяемых в сельском хозяйстве	78
2. Классификация перевозок	80
3. Классификация сельскохозяйственных грузов	82
4. Классификация дорог	84
5. Виды маршрутов движения транспортных средств	85
6. Показатели использования транспортных средств	86
7. Определение потребности в транспортных средствах	89
8. Механизация погрузочно-разгрузочных работ	90
Список литературы	94

Тема 1.1 Производственные процессы и энергетические средства в сельском хозяйстве

1. Производственные процессы в сельском хозяйстве

Передовые технологии производства растениеводческой продукции предусматривают выполнение определенного количества производственных или технологических процессов: по обработке почвы; посеву семян; уходу за растениями; уборке и послеуборочной обработке урожая. Каждый технологический процесс при этом складывается из основной и вспомогательных операций.

Основная операция связана с изменением положения и состояния обрабатываемого материала, а *вспомогательные* операции обеспечивают качественное выполнение основной операции. Например, при вспашке основная операция связана с оборотом и крошением пласта, а вспомогательными операциями являются комплектование агрегата, разбивка поля на загоны и др. Прежде всего каждая работа по производству растениеводческой продукции должна быть выполнена в оптимальные (наилучшие) календарные сроки, отклонение от которых ведет к количественным и качественным потерям урожая.

Сельскохозяйственные производственные процессы выполняются в непрерывно изменяющихся почвенно-климатических условиях.

Полевые работы выполняются мобильными машинами и агрегатами при активном воздействии больших масс техники и людей на окружающую среду (почву, воду, атмосферу, растения). Поэтому необходимо соблюдение требований охраны труда и окружающей природы.

Для каждого технологического процесса основными показателями являются: качественные, энергетические, экономические.

Качественные показатели определяются агротехническими требованиями (глубина обработки почвы, норма высева семян, глубина заделки семян и др.).

Энергетические показатели характеризуют расход энергии и топлива на единицу объема выполненной работы.

Экономические показатели — производительность, затраты труда и денежных средств, расход эксплуатационных материалов и др.

Все перечисленные качественные, энергетические и экономические показатели каждого производственного процесса должны отвечать современным требованиям рыночной экономики.

2. Энергетические средства сельскохозяйственного производства

Для выполнения сельскохозяйственных производственных процессов в зависимости от конкретных условий работы могут быть использованы следующие основные виды энергии: тепловая; электрическая; энергия воды, ветра и солнца; мускульная энергия животных и человека.

Наибольшее распространение для выполнения полевых механизированных работ получили двигатели внутреннего сгорания, устанавливаемые на тракторы, самоходные машины, автомобили и т. д. Электропривод применяют в основном для работы стационарных машин, так как пока не решена проблема передачи электроэнергии к движущимся по полю МТА. Вода, ветер и солнце относятся к возобновляемым источникам энергии и с учетом ограниченности запасов невозобновляемых источников энергии (нефти, газа, угля, торфа) следует шире использовать их в сельском хозяйстве при наличии благоприятных условий.

При использовании возобновляемых источников энергии вредное воздействие на окружающую среду и на урожай, а также на получаемые из них продукты значительно меньше.

3. Классификация сельскохозяйственных агрегатов

Сельскохозяйственный агрегат по аналогии с любым машинным агрегатом представляет собой совокупность рабочей машины, источника энергии, передаточного и вспомогательного механизмов.

Все сельскохозяйственные агрегаты подразделяют на стационарные и мобильные (передвижные).

Стационарные сельскохозяйственные агрегаты выполняют рабочий процесс при неподвижном остове, включая закрепленные на фундаменте.

Мобильные сельскохозяйственные агрегаты выполняют работу в процессе движения.

Основной тип мобильного сельскохозяйственного агрегата — машинно-тракторный агрегат (МТА), в котором в качестве источника энергии используют двигатель трактора, самоходного шасси или какой-либо другой мобильной энергомашины. Машинно-тракторные агрегаты классифицируют по виду выполняемого технологического процесса; принципу соединения рабочих машин с трактором или другой энергомашиной; типу привода рабочих органов машины; числу технологических операций, выполняемых за один рабочий ход.

По виду выполняемого технологического процесса агрегаты разделяют на пахотные, посевные, уборочные и т. д.

По принципу соединения рабочих машин с трактором МТА их подразделяют на прицепные, навесные и полунавесные. *Прицепные агрегаты* комплектуют из трактора, сцепки и прицепных машин с ходовыми колесами. У *навесных* агрегатов рабочие машины не имеют ходовых колес и отсутствует сцепка. У *полунавесных агрегатов* вес рабочих машин воспринимается одновременно трактором или сцепкой, а также ходовыми колесами самих машин.

По типу привода рабочих машин различают тяговые и тягово-приводные МТА. У *тяговых агрегатов* вся полезная мощность двигателя реализуется через крюк или другой тяговый орган типа навесного механизма. Частный случай тягового агрегата — тракторный транспортный агрегат. Полезная мощность двигателя у *тягово-приводного* агрегата реализуется одновременно через тяговый орган и вал отбора мощности (ВОМ).

По числу выполненных за один рабочий ход технологических операций МТА подразделяют на простые и комбинированные (комплексные).

Простые агрегаты состоят из однотипных рабочих машин (пахотные, бороновальные и др.).

В состав *комбинированных* агрегатов входят два и более рядов разнотипных машин (культиватор и бороны; культиваторы, сеялки и бороны и др.).

Применение комбинированных агрегатов обеспечивает уменьшение числа проходов трактора по полю и меньшее

уплотнение почвы. Сокращаются также затраты труда и сроки выполнения полевых работ, однако при этом возможно увеличение простоев, связанных с устранением отказов при недостаточной надежности машин.

4. Условия и особенности использования машин в сельскохозяйственном производстве

Условия использования отдельных машин и МТА в каждом хозяйстве зависят от природно-климатических особенностей, а также от свойств обрабатываемых технологических материалов и культурных растений. Под природно-климатическими особенностями подразумевают: площади и конфигурацию обрабатываемых полей; угол склона; наличие природных препятствий, включая овраги, леса, кустарники и т. д.; температуру и влажность воздуха; направление и силу ветра; количество осадков; календарные сроки выполнения работ и др., а под обрабатываемыми технологическими материалами — почву, семена, удобрения, различные средства защиты растений и др. Каждый из указанных обрабатываемых материалов характеризуется целым рядом свойств, оказывающих существенное влияние на работу машин и агрегатов. Например, показатели работы почвообрабатывающих машин и агрегатов существенно зависят от влажности почвы, твердости и плотности, каменистости и т. д.

Значительное влияние на работу машин и агрегатов оказывают такие свойства обрабатываемых культурных растений, как густота и высота, ширина междурядий; влажность, сроки выполнения работ и др.

Работа машин и агрегатов усложняется еще и тем, что указанные факторы не остаются постоянными, а изменяются в широких пределах случайным (вероятностным) образом как в течение года, так и вегетационного периода и даже рабочего дня. В результате чаще нарушаются регулировки, происходит коррозия деталей, ослабевают крепления.

Исходя из этого, одной из важнейших задач инженерно-технических работников сельского хозяйства является умение оперативно обосновывать рекомендации по эффективному использованию машин и агрегатов в соответствии с изменяющи-

мися условиями работы. Далее рассмотрены современные методы разработки таких рекомендаций.

5. Основные факторы, влияющие на качество выполнения технологических операций и урожайность сельскохозяйственных культур

Качество выполнения технологических операций по возделыванию сельскохозяйственных культур зависит от соответствия фактических показателей качества работы машин и агрегатов предъявляемым агротехническим требованиям.

Факторы, влияющие на качество работы машин и агрегатов, для удобства анализа делят на следующие основные группы: конструктивные, эксплуатационные, природно - климатические, технологические, эргономические.

Первая группа факторов обусловлена конструктивными особенностями машин и агрегатов и характеризует возможность выполнения технологической операции в заданных условиях в соответствии с агротехническими требованиями.

Влияние *конструктивных факторов* обычно определяют по результатам испытаний машин и агрегатов на машиноиспытательных станциях, на базе которых разрабатывают соответствующие практические рекомендации.

Например, для плугов основными конструктивными факторами, определяющими интенсивность оборота и крошения пласта, являются факторы, характеризующие форму рабочей поверхности отвала и тип всего корпуса (культурный, полувинтовой, винтовой). Факторы, характеризующие весь пахотный агрегат, обусловлены способом соединения плуга с трактором (по двухточечной или трехточечной схеме), конструкцией рамы (жесткая, шарнирно-сочлененная) и т. д.

Влияние *эксплуатационных факторов* обусловлено конкретным техническим состоянием рабочих машин и всего агрегата, включая настройку рабочих органов и всего агрегата на заданный режим работы, выбор рабочей скорости и способы движения агрегата, техническое состояние рабочих органов и систем, уровень технического обслуживания и т. д.

Из указанных ранее *природно-климатических факторов* наибольшее влияние на качество выполнения технологических операций оказывают погодные условия, угол склона и конфигурация полей, наличие препятствий, направление и сила ветра, а также календарные сроки выполнения работ.

Влияние *технологических факторов* связано с обрабатываемыми технологическими материалами (почва, семена, удобрения, урожай), включая влажность, твердость, плотность, норму внесения удобрений, урожайность, густоту и высоту растений, засоренность и др.

Эргономические факторы характеризуются в целом системой человек — машина. Естественно, если на агрегате не созданы благоприятные условия для работы человека (обзорность, наличие необходимых приборов, удобство управления рабочими органами и т. д.), то это обстоятельство непосредственно отражается на качестве выполнения технологических операций. Качество выполнения каждой технологической операции в итоге влияет и на урожай сельскохозяйственной культуры. Соответственно урожай сельскохозяйственной культуры в значительной степени зависит от всех перечисленных ранее факторов.

Кроме того, урожай сельскохозяйственных культур зависит от сорта и качества семян, нормы и сроков внесения удобрений, календарных сроков выполнения всех технологических операций и т. д. Закономерности влияния всех перечисленных факторов учитываются современными методами программирования урожая сельскохозяйственных культур.

Практическое применение методов программирования урожая обеспечивает получение наибольшего количества сельскохозяйственной продукции в заданных условиях.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные показатели технологического процесса.
2. Какие энергетические средства применяются в сельскохозяйственном производстве?
3. Классификация сельскохозяйственных агрегатов.

4. Условия и особенности использования машин в сельскохозяйственном производстве.

5. Перечислите основные факторы, влияющие на качество выполнения технологических операций.

Тема 1.2 Эксплуатационные свойства и показатели работы МТА

1. Эксплуатационные свойства машин и агрегатов

Эксплуатационные свойства машин и агрегатов характеризуют те полезные их признаки, от которых зависят качество выполнения работы, производительность, затраты ресурсов и др.

Качественно-эксплуатационные свойства отдельных машин и агрегатов оценивают соответствующими показателями, которые подразделяют на следующие основные группы: технологические, экологические, энергетические, экономические, эргономические, надежности.

Технологические показатели характеризуют качество выполнения машиной технологической операции в соответствии с предъявляемыми агротехническими требованиями.

Экологические показатели характеризуют воздействие машин и агрегатов на окружающую среду (почву, воздух, воду, флору, фауну). Отрицательный эффект такого воздействия должен быть как можно меньше.

Энергетические показатели характеризуются силами сопротивления, действующими на машины и агрегаты, и развиваемой мощностью двигателя для их преодоления. При этом расход энергии на единицу объема выполненной работы должен быть как можно меньше.

Экономические показатели в основном выражаются производительностью агрегатов и эксплуатационными затратами (трудовыми, финансовыми) на единицу объема выполненной работы. Желательно при этом получить высокую производительность агрегатов при наименьших эксплуатационных затратах.

Эргономические показатели характеризуют приспособленность машин и агрегатов к биологическим, физиологическим и другим особенностям человека. При этом параметры и режи-

мы работы машин и агрегатов выбирают такими, чтобы можно было создать наиболее благоприятные условия для длительной высокопроизводительной работы механизаторов.

Показатели надежности характеризуют способность машин и агрегатов работать с требуемой надежностью в заданных условиях. Показатели надежности зависят не только от конструктивных факторов, но и от режима эксплуатации. Соответственно условия эксплуатации должны обеспечивать высокий уровень надежности машин и агрегатов.

2. Эксплуатационные показатели и режимы работы тракторных двигателей

На всех отечественных сельскохозяйственных тракторах и самоходных машинах в качестве источника энергии используют однотипные дизельные двигатели с всережимными регуляторами.

Основные эксплуатационные показатели таких двигателей характеризуются эффективной мощностью, вращающим моментом, частотой вращения коленчатого вала, часовым и удельным расходами топлива, которые связаны между собой следующими соотношениями:

$$N = 0,105 M n,$$

$$g_e = \frac{10^3 G_T}{N},$$

где N — эффективная мощность, кВт; M — вращающий момент, кН · м; n — частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹; g_e — удельный расход топлива, г/кВт · ч; G_T — часовой расход топлива, кг/ч.

Соотношения между N , M , n , G_T , g_e на всем практическом диапазоне работы двигателя можно изобразить графически на регуляторной характеристике, которую можно построить в функции частоты вращения n , вращающего момента M или мощности N .

Наиболее часто при эксплуатационных расчетах пользуются регуляторными характеристиками, построенными в функции n и M (рис. 1).

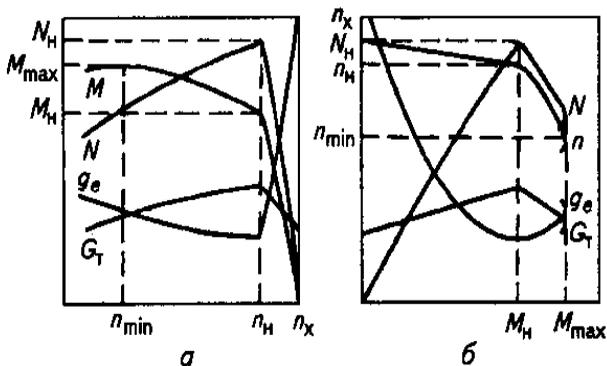


Рис. 1. Регуляторная характеристика двигателя:

а — в функции частоты вращения; *б* — в функции вращающего момента

На регуляторной характеристике различают номинальные значения мощности N_H , вращающего момента M_H , частоты вращения n_H , максимальный вращающий момент M_{max} , соответствующую минимальную частоту вращения n_{min} , а также максимальную частоту вращения вала двигателя n_x при холостом ходе и полной подаче топлива.

Ветви характеристик на участках от n_x до n_H и от n_H до n_m называют соответственно регуляторной и корректорной, или перегрузочной.

В пределах регуляторной ветви в любой i -й точке вращающий момент M_i , и соответствующую мощность N_i , можно рассчитать по упрощенным формулам:

$$M_i = M_H \left(\frac{n_x - n_i}{n_x - n_H} \right),$$

$$N_i = 0,105 M_i n_i.$$

Эксплуатационные показатели, как самого двигателя, так и трактора и МТА в целом зависят от коэффициента загрузки (степени использования мощности):

$$\epsilon_N = N_i / N_H.$$

При эксплуатационных расчетах иногда используют коэффициент загрузки двигателя по вращающему моменту, который определяют из равенства:

$$\epsilon_M = \frac{M_i}{M_H} = \frac{n_x - n_i}{n_x - n_H}.$$

Связь между \square_N и \square_M имеет вид:

$$\epsilon_N = \epsilon_M \frac{n_i}{n_H} = \left(\frac{n_x - n_i}{n_x - n_H} \right) \left(\frac{n_i}{n_H} \right).$$

$\square_N = \square_M$ имеет место только при $n_i = n_H$, однако при рациональной загрузке двигателя значения \square_N и \square_M близки между собой.

В составе МТА для двигателя имеют место три основных режима работы: при рабочем ходе агрегата; при холостом ходе агрегата на поворотах и переездах; при холостом ходе самого двигателя во время остановки агрегата.

Имеется также режим холостого хода самого трактора (маневрирование при комплектовании агрегата, подъезд под заправку и т. д.), однако его доля небольшая, в общем времени работы, поэтому им обычно пренебрегают.

Эффективность режима рабочего хода наиболее полно оценивается коэффициентом загрузки двигателя по мощности \square_N .

Наилучшим или оптимальным считают такое значение \square_{Nopt} , при котором удельная производительность агрегата в расчете на единицу мощности двигателя будет наибольшей при наименьшем расходе топлива на единицу объема выполненной работы.

Численное значение \square_{Nopt} зависит от характера изменения сил сопротивления в процессе работы агрегата и значения соответствующего момента сопротивления M_c на валу двигателя, а также конструктивных особенностей самого двигателя.

При рабочем ходе агрегата момент сопротивления M_c может изменяться случайным (вероятностным) образом в широком диапазоне — от минимального $M_{c\ min}$ до $M_{c\ max}$ значения при среднем значении M_c . Основными характеристиками неравномерности M_c являются среднее квадратическое отклонение σ_M и коэффициент вариации v_M , которые на основании теории вероятностей упрощенно определяют из равенств:

$$\sigma_M = \frac{M_{c\max} - \bar{M}_c}{3},$$

$$v_M = \frac{\sigma_M}{M_c} \cdot 100.$$

Размерность σ_M соответствует размерности вращающего момента, а v_M определяют в процентах.

Естественно, чем больше коэффициент вариации v_M , тем больше должен быть запас мощности двигателя для преодоления кратковременных перегрузок без переключения передач и соответственно значения \square_N или \square_M должны быть меньше.

Принятые значения \square_N и \square_M должны учитывать и тот факт, что с увеличением σ_M и v_M фактические (эксплуатационные) значения мощности и вращающего момента, развиваемые двигателем, меньше тех, которые имеют место при стендовых испытаниях (см. рис.1).

Способность двигателя преодолевать кратковременные перегрузки без переключения передач зависит также и от характера изменения корректной ветви на участке от M_n до M_m (рис. 1,

а). Перегрузочную способность двигателя при этом оценивают коэффициентами приспособляемости по вращающему моменту K_M и по частоте вращения K_n :

$$K_M = \frac{M_m}{M_H}, \quad K_n = \frac{n_H}{n_m}.$$

Для обычных тракторных дизелей $K_M = 1,1 \dots 1,2$; $K_n = 1,3 \dots 1,6$.

При прочих равных условиях чем больше K_M и K_n , тем лучше эксплуатационные показатели двигателя. Преимущество это выражается, в частности, в том, что меньше требуется переключений передач, соответственно повышается производительность агрегата и уменьшается износ деталей коробки передач, а также утомляемость водителя.

Например, для двигателей Д-240 трактора МТЗ-80 и СМД-62 трактора Т-150К на основании формулы (10) соответственно получим:

$$K_{M1} = \frac{0,280}{0,239} = 1,17; \quad K_{n1} = \frac{2200}{1400} = 1,57;$$

$$K_{M2} = \frac{0,635}{0,552} = 1,15; \quad K_{n2} = \frac{2100}{1400} = 1,50.$$

Значения K_M и K_n можно увеличить за счет совершенствования конструкции двигателя: улучшения наполнения цилиндров двигателя (применяя турбонаддув); впрыскивания облегченной топливной смеси в камеру сгорания двигателя при перегрузке; повышения уровня технического обслуживания тракторов; использования топлива высокого качества и хорошей его очистки и др.

Эксплуатационные показатели двигателя в условиях неравномерной нагрузки можно улучшить также за счет использования в трансмиссии трактора вместо механической муфты сцепления гидротрансформаторов и других подобных устройств, сглаживающие резкие колебания нагрузки.

На тракторах типа Т-150, 150К, К-701 эффективны трансмиссии с бесступенчатым переключением передач.

Для переключения передачи при перегрузке двигателя не требуется остановка трактора, при этом потери времени смены из-за таких переключений уменьшаются.

Для равномерной загрузки двигателя наиболее эффективны автоматические оптимизаторы загрузки. Однако такие устройства на отечественных тракторах пока, к сожалению, не устанавливаются.

3. Силы, действующие на трактор

Трактор и весь агрегат по аналогии со всеми движущимися по земле объектами движется по принципу «отталкивания» от земли (опорной поверхности). Соответствующая толкающая или движущая сила создается за счет той части мощности двигателя, которая подводится к движителям (гусеницам или ведущим колесам). Принципиальная отличительная особенность сельскохозяйственных тракторов — опорной поверхностью при выполнении полевых работ для них служит обрабатываемая почва со сравнительно небольшой плотностью и соответственно прочностью (способностью сопротивляться деформированию).

Если при этом сила воздействия движителей на почву превосходит определенные границы, то буксование превышает допустимые значения вплоть до проворачивания движителей при полной остановке трактора и всего агрегата.

Исходя из этого, основная задача заключается в обосновании такого соотношения между мощностью двигателя и соответствующей движущей силой, а также силами сопротивления, при котором трактор и весь агрегат будут двигаться в режиме допустимого буксования в заданных условиях. Для решения этой задачи на рисунке 2 на примере гусеничного трактора показана общая схема внешних сил, действующих на трактор в составе агрегата.

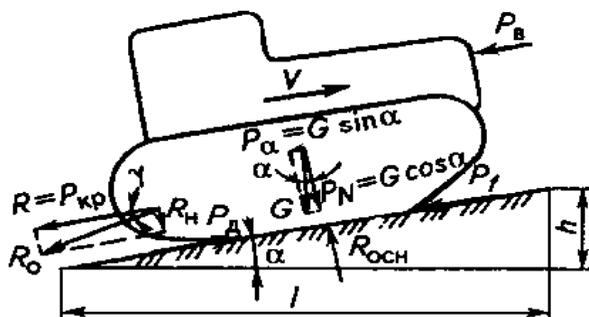


Рис. 2 Схема сил, действующих на трактор

Под действием ведущего вращающего момента M_k , подводимого к ведущей звездочке, ведущая часть гусеницы (двигателя), натягиваясь, воздействует на опорную поверхность (почву) с силой P_k , называемой касательной силой тяги и определяемой с учетом формулы:

$$P_k = \frac{M_k}{r} = \frac{M \eta_{\text{тр}} i_{\text{тр}}}{r} = \frac{N_{\text{н}} \epsilon_N \eta_{\text{тр}} i_{\text{тр}}}{0,105 m},$$

где r — радиус качения (радиус начальной окружности ведущей звездочки гусеничных тракторов), м; $i_{\text{тр}}$ — передаточное число трансмиссии трактора.

Для колесных тракторов с пневматическими шинами:

$$r = r_0 + \beta_y h_{\text{п}},$$

где r_0 — радиус посадочной окружности стального обода колеса, м; β_y — коэффициент усадки шины; $h_{\text{п}}$ — высота поперечного профиля шины, м.

Усреднение принимают $\beta_y = 0,75$ на стерне и $\beta_y = 0,80$ — на поле, подготовленном под посев.

При практических расчетах можно принять: $r_0 = 0,483$ м, $h_{п1} = 0,305$ м - для тракторов МТЗ-80 и МТЗ-82; $r_0 = 0,305$ и $h_{п1} = 0,395$ — для трактора Т-150К.

Сила P_k вызывает обратную реакцию со стороны почвы P_D , которая называется движущей силой, поскольку под ее действием движутся трактор и весь агрегат.

Значение движущей силы P_D зависит не только от P_k и соответственно от эффективной мощности двигателя N_H [см. формулу (1)], но также и от сцепных свойств движителей трактора в заданных условиях, характеризующих коэффициентом сцепления μ .

Соответствующая наибольшая сила сцепления движителей трактора с почвой при допустимом буксовании, кН,:

$$P_{сц} = G_{сц}\mu_d = G\lambda\mu_d = 10^{-3}mg\lambda\mu_d,$$

где $G_{сц}$ — сцепной вес трактора, кН; μ_d — коэффициент сцепления при допустимом буксовании; G — эксплуатационный вес, кН; λ — доля эксплуатационного веса трактора, приходящаяся на движители.

Значение μ_d зависит от типа почвы, почвенного фона (стерня, поле, подготовленное под посев, и др.) и от конструктивных особенностей движителей. Для тракторов на пневматических шинах μ_d составляет 0,65...0,80 для стерни; 0,35...0,55 — поля, подготовленного под посев, а для гусеничных тракторов — соответственно 0,75...0,85 и 0,55...0,65. На ровном поле ($\alpha = 0$) приближенно можно принять: для колесных тракторов 4К2 $\lambda = 0,75$; а для колесных тракторов 4К4 и гусеничных тракторов $\lambda = 1$.

При наличии угла склона ($\alpha > 0$) для колесных 4К4 и гусеничных тракторов принимают $\lambda = \cos \alpha$, а для колесных 4К2 приближенно $\lambda = 0,66$.

Реальное значение движущей силы P_D зависит от соотношения между P_k и $P_{сц}$. Если $P_{сц} < P_k$, то $P_D = P_{сц}$, сцепление недостаточное и буксование δ может превышать допустимые пределы. При $P_{сц} > P_k$ сцепление движителей с почвой достаточное и $P_D = P_k$ в соответствии с формулой. В зоне недостаточного сцепления имеет место соотношение $P_D = P_{сц}$, а в зоне достаточного сцепления — $P_D = P_k$. При этом ширина каждой из двух зон на рисунке 3 зависит от выбранной передачи и соответствующего передаточного числа трансмиссии. При переходе на более высокую скорость касатель-

ная силы тяги P_k уменьшается и соответственно расширяется зона достаточного сцепления.

Чтобы трактор всегда работал в зоне достаточного сцепления, должно соблюдаться условие $P_k < P_{сц}$, которое на основании формул примет вид:

$$\frac{N_n \epsilon_N \eta_{тр} i_{тр}}{0,105m} \leq 10^{-3} mg \lambda \mu_d,$$

а соответствующее передаточное число трансмиссии:

$$i_{тр} \leq \frac{0,105m mg \lambda \mu_d}{10^3 N_n \epsilon_N \eta_{тр}}.$$

При практических расчетах приближенно можно принять $n = n_n$ в соответствии с характеристикой двигателя.

Это соотношение позволяет обеспечить рациональный режим работы трактора в пределах допустимых границ буксования при $P_d = P_k$.

Под действием силы тяжести (веса) трактора G при $\alpha > 0$ образуются силы сопротивления подъему P_α и нормального давления P_N , определяемые из равенств:

$$P_\alpha = G \sin \alpha = 10^{-3} mg \sin \alpha,$$

$$P_N = G \cos \alpha = 10^{-3} mg \cos \alpha.$$

Под действием нормального давления образуется реакция опорной поверхности (почвы) $R_{осн}$, значение которой равно величине P_N , и направлена она в противоположную сторону.

Сила сопротивления движению (передвижению) трактора P_f образуется в результате взаимодействия ходовой части трактора с опорной поверхностью и ее определяют из равенства:

$$P_f = P_{Nf} = Gf \cos \alpha = 10^{-3} m g f \cos \alpha.$$

Силой сопротивления воздуха P_v , как указано ранее, при практических расчетах пренебрегают вследствие ее малости по сравнению с другими действующими на трактор силами при выполнении сельскохозяйственных работ.

Под R_O подразумевается суммарная сила тягового сопротивления рабочих машин и сцепки, которая в общем случае направлена под углом γ к опорной поверхности. Сила при этом разлагается на составляющие $R = P_{кр} = R_O \cos \gamma$ и $R_H = R_O \sin \gamma = P_{кр} \operatorname{tg} \gamma$ соответственно параллельно и перпендикулярно опорной поверхности.

Вследствие малости угла γ основную долю тягового сопротивления машин и сцепки составляет сила R , для преодоления которой при установившейся скорости трактор должен развивать тяговое усилие $P_{кр}$, равное ей в направлении скорости. Вследствие примерного равенства $R = P_{кр}$ на схемах сил обычно вместо R показывают только $P_{кр}$.

Составляющая R_H способствует увеличению сцепления движителей с почвой, однако это влияние незначительно и при практических расчетах ее обычно не учитывают.

На основании полученных зависимостей можно решить и обратную задачу. Для заданных условий тяговое усилие трактора:

$$P_{кр} = P_k - P_f \pm P_\alpha.$$

Знак «—» перед P_α принимают при движении трактора на подъем и наоборот. Практические расчеты обычно выполняют со знаком «—» для наиболее тяжелого случая движения.

4. Баланс мощности трактора

Баланс мощности трактора представляет собой равенство между эффективной мощностью на валу двигателя и суммой мощностей, требуемых для преодоления действующих на трактор сил сопротивления при установившейся рабочей скорости.

Задача при этом заключается в том, чтобы как можно больше мощности двигателя потреблялось на полезную работу через крюк или другой тяговый орган типа навесного механизма и через вал отбора мощности (ВОМ).

При движении агрегата с постоянной рабочей скоростью исходное выражение баланса мощности трактора имеет вид:

$$N_{\text{н}} \varepsilon_N = N_{\text{тр}} + N_{\delta} + N_f + N_{\alpha} + N_{\text{кр}} + \frac{N_{\text{в}}}{\eta_{\text{в}}},$$

где $N_{\text{тр}}$, N_{δ} , N_f , N_{α} — соответственно потери мощности в трансмиссии, на буксование, на самопередвижение трактора, на преодоление подъема; $N_{\text{кр}}$ — тяговая (крюковая) мощность; $N_{\text{в}}$ — мощность на ВОМ; $\eta_{\text{в}}$ — КПД, учитывающий потери мощности в трансмиссии ВОМ ($\eta_{\text{в}} \approx 0,95$).

Потери мощности в трансмиссии $N_{\text{тр}}$ связаны с преодолением сил трения в подшипниках и между зубьями шестерен, а также с взбалтыванием масла в картерах передач. У гусеничных тракторов добавляются также силы трения между деталями гусеничного хода.

$$N_{\text{тр}} = N(1 - \eta_{\text{тр}})$$

Значение $\eta_{\text{тр}}$ зависит от конструктивных особенностей трансмиссии и ходовой части трактора, а также от нагрузки (постоянная, переменная и т. д.). При установившейся работе агрегата можно принять усредненное значение $\eta_{\text{тр}} = 0,86 \dots 0,88$.

Уменьшение $N_{\text{тр}}$ и соответствующее увеличение $\eta_{\text{тр}}$ в определенных пределах возможно за счет конструктивного совершенствования механизмов трансмиссии трактора, улучшения качества смазки, а также системы технического обслуживания.

Мощность на буксование обусловлена в основном смятием почвы движителями трактора и соответствующей потерей скорости:

$$N_{\delta} = N \eta_{\text{тр}} \delta = N_{\text{н}} \varepsilon_N \eta_{\text{тр}} \delta,$$

где N — реализуемая мощность.

Значение буксования δ определяется по результатам тяговых испытаний трактора из равенства:

$$\delta = \frac{n_p - n_x}{n_p},$$

где n_p , n_x — число оборотов ведущих колес (ведущих звездочек гусеничного трактора) при рабочем и холостом ходе на длине пути, определяемом условиями испытаний.

Предельные допустимые значения буксования δ_d на стерне определяются агротехническими требованиями: до 0,05 (5 %) — для гусеничных тракторов; до 0,15 (15 %) — для колесных 4К4 и до 0,18 (18 %) — для колесных тракторов 4К2. Указанные ограничения на буксование обусловлены не только потерей мощности, но в большей степени разрушением структурных частиц почвы с последующим усилением процессов, связанных с ветровой и водной эрозией.

Потеря мощности на самопередвижение согласно рисунку 2:

$$N_f = P_f v = G f v \cos \alpha = 10^{-3} m g f v \cos \alpha,$$

где P_f — сила сопротивления движению трактора кН; v — рабочая скорость трактора в составе агрегата, м/с; G — эксплуатационный вес (сила тяжести) трактора, кН; f — коэффициент сопротивления качению трактора; α — угол склона (подъема), град; m — эксплуатационная масса трактора, кг; g — ускорение свободного падения, м/с².

Усредненные значения f на стерне составляют 0,08...0,10 и 0,08...0,11 соответственно для колесных и гусеничных тракторов.

На поле, подготовленном под посев, для тех же тракторов значения f рекомендуют соответственно 0,16...0,20 и 0,10...0,12.

Слагаемое потерь мощности на преодоление подъема N_α определяют из равенства:

$$N_\alpha = P_\alpha v = G v \sin \alpha = 10^{-3} m g v \sin \alpha,$$

где P_α — сила сопротивления подъему трактора, кН.

При небольших значениях α приближенно принимают по рисунку 2, $\sin \alpha = \tan \alpha = h/l = i$ и формула имеет вид:

$$N_{\alpha} = \frac{10^{-3} m g v i}{100},$$

где i — уклон поля, %.

Тяговая мощность трактора зависит от тягового (крюкового) усилия $P_{кр}$ и рабочей скорости v в соответствии с равенством:

$$N_{кр} = P_{кр} v,$$

где $P_{кр}$ — тяговое усилие трактора, кН.

Мощность на ВОМ N_B для конкретного агрегата определяют в виде суммы:

$$N_B = N_{Bx} + N_{BT},$$

где N_{Bx} — мощность на привод рабочих органов сельскохозяйственной машины, связанных с ВОМ при холостом ходе, кВт; N_{BT} — мощность, требуемая непосредственно на обработку технологического материала, кВт.

Значение N_{Bx} приближенно принимают постоянным, а N_{BT} пропорционально секундной подаче обрабатываемого технологического материала (силосной массы, хлебной массы и т. д.).

$$N_{BT} = a_N q_n,$$

где a_N — удельная мощность, кВт/(кг/с); q_n — секундная подача, кг/с.

Часто в справочниках приводят усредненное значение общей мощности на ВОМ N_B . Поскольку в процессе работы слагаемые N_{δ} , N_f , N_{α} в формуле изменяются в зависимости от условий работы, то полезные составляющие баланса мощности $N_{кр}$ и N_{BT} также не остаются постоянными.

Наиболее полно степень полезного (производительного) использования мощности двигателя выражается общим коэффициентом полезного действия трактора:

$$\eta = \frac{N_{кр} + N_B}{N}$$

При практических расчетах используют и тяговый КПД трактора:

$$\eta_{\tau} = \frac{N_{\text{кр}}}{N - (N_{\text{в}}/\eta_{\text{в}})},$$

который при $N_{\text{в}} = 0$ примет вид

$$\eta_{\tau} = \frac{N_{\text{кр}}}{N}$$

Из полученных ранее результатов следует, что для повышения общего η и тягового η_{τ} КПД трактора необходимо уменьшать непроизводительные слагаемые баланса мощности $N_{\text{ТР}}, N_{\delta}, N_f, N_a$ описанными ранее способами.

Максимальные значения общего η_{max} и тягового КПД η_{τ} имеют место при оптимальной рабочей скорости V_{opt} в соответствии с рисунком.

Оптимальная скорость V_{opt} на тяговой характеристике трактора примерно соответствует той передаче, на которой тяговая мощность $N_{\text{кр}}$ имеет наибольшее значение, что существенно облегчает выбор эффективного скоростного режима трактора.

Тяговый КПД трактора можно определить также и в виде произведения:

$$\eta_{\tau} = \eta_{\text{тр}}\eta_{\delta}\eta_f = \eta_{\text{тр}}(1 - \delta)\eta_f,$$

где $\eta_{\text{тр}}, \eta_{\delta}, \eta_f$ — КПД, учитывающие соответственно потери мощности в трансмиссии, на буксование и на самопередвижение трактора.

$$\eta_f = P_{\text{кр}}/P_{\text{к}},$$

где $P_{\text{кр}}$ — тяговое усилие трактора; $P_{\text{к}}$ — касательная сила тяги,

5. Уравнение движения агрегата. Тяговый баланс трактора

Основные режимы поступательного движения МТА определяют из уравнения движения агрегата, основой которого является второй закон механики — закон Ньютона.

Исходное уравнение поступательного движения МТА в этом случае упрощенно можно записать в виде:

$$m_{a.п} \frac{dV}{dt} = P_d - \Sigma P_c,$$

где $m_{a.п}$ — приведенная масса агрегата, кг; dV/dt — ускорение агрегата, м/с²; ΣP_c — сумма сил сопротивления движению, Н.

Сумма сил сопротивления:

$$\Sigma P_c = P_{кр} + P_f \pm P_{\alpha}.$$

Принимая перед P_{α} знак «+» при подъеме и наоборот, развернутое уравнение движения МТА примет вид:

$$m \frac{dV}{dt} = P_k - (P_{кр} + P_f \pm P_{\alpha}).$$

Для разгона МТА до требуемой рабочей скорости необходимо соблюдать условие:

$$P_k > (P_{кр} + P_f \pm P_{\alpha}).$$

МТА с постоянной рабочей скоростью ($V = V_p = \text{const}$) движется при $dv/dt = 0$, при:

$$P_k = P_{кр} + P_f \pm P_{\alpha}.$$

Торможение агрегата происходит при

$$P_k < (P_{кр} + P_f \pm P_{\alpha}),$$

включая $P_k = 0$ при выключенной муфте сцепления.

Таким образом, уравнение движения МТА универсально и с его помощью можно определить все основные закономерности движения агрегата при выполнении полевых работ, включая время и длину пути разгона.

6. Тяговый баланс трактора

Тяговый баланс трактора определяет собой равенство между движущей силой P_d и суммой сил сопротивления, действующих на трактор. В соответствии с уравнением движения МТА различают тяговые балансы трактора для установившегося ($dv/dt = 0$) и для неустановившегося ($dv/dt \neq 0$) движений.

Установившееся движение имеет место при постоянной рабочей скорости ($V = V_p = \text{const}$) и при достаточном сцеплении движителей с почвой. Тяговый баланс трактора при этом будет иметь вид:

$$P_d = P_k = P_{кр} + P_f \pm P_\alpha.$$

При разгоне или торможении ($dv/dt \neq 0$) на трактор дополнительно действует сила энергии агрегата:

$$P_{и} = m_{а.п}(dv/dt).$$

Принимая $m_{а.п}(dv/dt) = P_{и}$, получим тяговый баланс трактора для неустановившегося движения:

$$P_d = P_k = P_{кр} + P_f \pm P_\alpha \pm P_{и}.$$

Знак «+» перед силой инерции $P_{и}$ принимают при разгоне и наоборот.

Сила инерции $P_{и}$ в процессе работы МТА способствует плавному преодолению соответствующих кратковременных перегрузок без резких колебаний скорости. С другой стороны, чрезмерно большая сила инерции затрудняет разгон агрегата до требуемой скорости. Однако фактические рабочие скорости большинства МТА часто не превышают 10 км/ч, поэтому преодолеть силу инерции $P_{и}$ возможно, если применить коэффициент загрузки двигателя с учетом запаса кинетической энергии маховика и других движущихся частей.

Тяговое усилие трактора $P_{кр}$ — основной классификационный параметр отечественных тракторов, определяющий возможность их агрегатирования с различными сельскохозяйствен-

ными машинами. Тяговый класс трактора соответствует номинальному тяговому усилию $P_{крн}$ (в тонно-силах), реализуемому на стерне нормальной плотности и влажности при допустимом буксовании.

Тяговый КПД трактора в указанных условиях близок к наибольшему значению.

Приняты следующие тяговые классы отечественных тракторов: 0,2; 0,6; 0,9; 1,4; 2; 3; 5; 6; 8.

Важный обобщенный эксплуатационный параметр тракторов — коэффициент использования эксплуатационного веса трактора:

$$\Phi_{кр} = \frac{P_{кр}}{G} = \frac{P_{кр}}{10^{-3} mg}.$$

По значению $\Phi_{кр}$ можно определить обобщенные показатели для всех однотипных тракторов на одинаковых почвенных фонах.

7. Тяговая характеристика трактора и ее использование при эксплуатационных расчетах

Под тяговой характеристикой трактора подразумевают представленные в графической или в табличной форме зависимости от тягового усилия трактора $P_{кр}$ основных его эксплуатационных показателей, включая рабочую скорость V , тяговую мощность $N_{кр} = P_{кр} V$, часовой и удельный тяговый $g_{кр} = 10^3 G/N_{кр}$, расходы топлива и коэффициент буксования δ . Тяговая характеристика трактора в общем виде показана на рисунке.

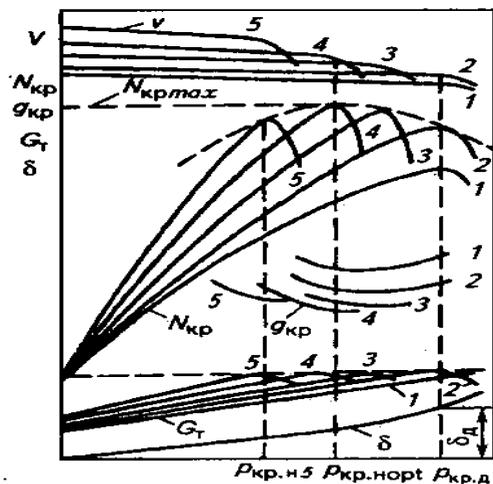


Рис. Общий вид тяговой характеристики трактора:

1...5 — номера передач (скоростей)

Тяговые характеристики получают по результатам тяговых испытаний тракторов, проводимых по установленной методике на соответствующих почвенных фонах при ровном рельефе ($\alpha \leq 1^\circ$). Для практических эксплуатационных расчетов чаще пользуются тяговыми характеристиками, полученными на двух основных почвенных фонах — на стерне зерновых колосовых культур и на поле, подготовленном под посев.

По тяговой характеристике с достаточной для практических расчетов точностью можно определить все рассмотренные ранее эксплуатационные показатели трактора. На всех передачах, где сцепление движителей трактора с почвой достаточно, наибольший часовой расход топлива G_t одинаковый, соответствующий номинальной мощности двигателя N_H .

Если сцепление недостаточное (обычно на более низких передачах), то двигатель не может быть нагружен до номинальной мощности N_H из-за чрезмерного буксования. Поэтому график часового расхода топлива обрывается, не достигнув наибольшего значения (см. рис. 3) на первой передаче. Зона практических расчетов располагается левее допустимого значения буксования $\delta \leq \delta_d$ при $P_{кр} < P_{кр. д.}$

Сцепление движителей с почвой в этой зоне достаточное, поэтому наибольшая тяговая мощность на каждой передаче $N_{KРmi}$ соответствует полной нагрузке двигателя при номинальной мощности N_H . Тяговое усилие трактора, соответствующее $N_{KРmi}$, называют номинальным для i -й передачи — $P_{KРni}$.

Участок тяговой характеристики на каждой i -й передаче, расположенный слева от $P_{KРni}$, соответствует регулярной ветви характеристик двигателя.

Наибольшая тяговая мощность $N_{KРmax}$ на тяговой характеристике приближенно соответствует максимуму тягового КПД трактора $\eta_T = \eta_{Tmax}$. При этом удельный расход топлива $g_{кр}$, приходящийся на единицу крюковой мощности, будет минимальным $g_{кр} \approx g_{крmin}$.

Плавную линию, огибающую кривые тяговых мощностей на отдельных передачах, называют потенциальной тяговой характеристикой трактора (пунктирная линия на рисунке 3).

Она соответствует тяговым мощностям трактора с бесступенчатой трансмиссией типа ДТ-175С.

Оптимальный режим работы трактора при максимуме тягового КПД $\eta_T \rightarrow \max$ соответствует той передаче, на которой тяговая мощность наибольшая $N_{KРmax}$ при оптимальном номинальном тяговом усилии $P_{KР,opt}$.

По вертикали, проведенной через точки $N_{KРmax}$ и $P_{KР,opt}$, определяют оптимальные по критерию $\eta_T \rightarrow \max$ значения скорости V_{opt} удельного расхода $g_{крmin}$, а также буксование δ_{opt} .

Допустимые по буксованию значения тягового усилия трактора $P_{KР,d}$ определяют при $\delta \leq \delta_d$.

Если учитывать потери мощности только в самом тракторе, то оптимальный режим работы агрегата будет иметь место на той передаче при $N_{KР} = N_{KРmax}$, на которой эти потери наименьшие.

Однако, как будет показано в дальнейшем, при существенном влиянии скорости на тяговое сопротивление рабочих машин наименьшие потери мощности и энергии на единицу выполненной агрегатом работы будут иметь место при скоростях, меньших V_{opt} , соответствующих значению $\eta_T = \eta_{Tmax}$.

Исходя из этого, в качестве рациональной зоны для практических расчетов параметров энергосберегающих агрега-

тов следует принять диапазон тяговых усилий трактора от $P_{KP_{н\text{орт}}}$ до тягового усилия $P_{KP_{д}}$ при допустимом буксовании.

Следовательно, по тяговым характеристикам достаточно просто и наглядно можно определить практически все основные эксплуатационные показатели трактора, а также оптимальные по максимуму тягового КПД и допускаемые по буксованию скоростные режимы работы для последующего комплектования агрегатов. Комплектование МТА более подробно будет рассмотрено далее.

Тяговые характеристики широко используют в эксплуатационных расчетах, как в табличной, так и в графической форме при комплектовании МТА, а также при нормировании полевых механизированных работ. При этом в общем случае используют усредненные тяговые характеристики трактора каждой марки для четырех почвенных фонов: залежь, стерня, пар, поле, подготовленное под посев.

8. Эксплуатационные показатели сельскохозяйственных машин

Оставшиеся после потерь в самом тракторе тяговая мощность N_{KP} и мощность на ВОМ N_B потребляются на преодоление соответствующих сил сопротивления сельскохозяйственных машин. При этом, чем меньше силы сопротивления, тем более высокопроизводительно будут использованы N_{KP} и N_B .

В этой связи важное значение имеет определение закономерностей влияния различных факторов на силы сопротивления с целью их уменьшения. Различают при этом рабочее и холостое сопротивление машин.

Рабочее сопротивление создается при рабочем ходе агрегата и в общем случае складывается из тягового сопротивления машин при их перемещении по полю с включенными рабочими органами и сил сопротивления на рабочих органах, приводимых в движение от ВОМ.

В состав рабочего сопротивления входят силы сопротивления перемещению масс самих машин по полю и на холостой привод рабочих органов через ВОМ, а также силы, обусловлен-

ные взаимодействием рабочих органов с обрабатываемыми технологическими материалами (почвой, растениями и т. д.).

Сопротивление машин переменное и зависит от угла склона, скорости и других факторов. *Холостое сопротивление машин* имеет место при холостых поворотах и переездах агрегата с выключенными рабочими органами и для каждой машины в общем случае его определяют по формуле:

$$R_{м,х} = 10^{-3} m_m g (f_m \cos \alpha \pm \sin \alpha) \approx 10^{-3} m_m g (f_m \pm i/100),$$

где $R_{м,х}$ — сила сопротивления при холостом ходе, кН; m_m — масса машины, кг; f_m — коэффициент сопротивления перемещению машины.

При практических расчетах обычно определяют рабочее сопротивление машин как тяговых, так и тягово-приводных (с приводом рабочих органов от ВОМ).

Рабочее тяговое сопротивление машин для условий ровного рельефа определяют по упрощенной формуле:

$$R_M = K_M \phi_M,$$

где K_M — удельное сопротивление, приходящееся на 1 м ширины захвата, кН/м; ϕ_M — ширина захвата машины, м.

Сопротивление перемещению машин также входит в состав K_M . Значение упрощения принимают равным конструктивной ширине захвата машины. Значения K_M для соответствующих видов работ определяют по результатам опытов.

Для тягово-приводных машин можно найти приведенную силу сопротивления на ВОМ $R_{МВ}$, на которую уменьшается касательная сила тяги трактора и соответственно тяговое усилие $P_{КР}$, из-за передачи части мощности через ВОМ.

$$R_{МВ} = \frac{N_B \eta_{ТР} (1 - \delta_B)}{\eta_B v},$$

где δ_B — буксование при работе трактора с включенным ВОМ (приближенно принимают $\delta_B \approx 0,8\delta_D$).

Приведенное удельное сопротивление на ВОМ:

$$K_B = \frac{R_{MB}}{e_M} = \frac{N_B \eta_{TP} (1 - \delta_B)}{e_M \eta_B v}.$$

Общее сопротивление тягово-приводной машины:

$$R_{MBO} = K_{MB} e_M = (K_M + K_B) e_M,$$

где K_{MB} — общее удельное сопротивление тягово-приводной машины, кН/м; $K_{MB} = K_M + K_B$.

Численные значения K_M и K_B (кН/м) принимают по обобщенным справочным данным, полученным по результатам динамометрирования соответствующих машин в полевых условиях.

С увеличением рабочей скорости агрегата значение K_M возрастает по параболической зависимости.

Обычно указанную параболическую зависимость в пределах, допускаемых по агротехническим требованиям скоростей от V_0 до V заменяют (аппроксимируют) с достаточной для практических расчетов точностью прямой линией oe .

Численное значение удельного тягового сопротивления в указанном диапазоне определяют из равенства:

$$K_M = K_{M0} [1 + \Delta K(v - v_0)],$$

где K_{M0} — удельное сопротивление при скорости до $v_0 = 1,4$ м/с (5 км/ч), кН/м; ΔK — относительное приращение удельного сопротивления при увеличении скорости на 1 м/с.

В условиях неровного рельефа удельное сопротивление сельскохозяйственных машин рассчитывают по формуле:

$$K_M = K_{M0} [1 + \Delta K(v - v_0)] \pm 10^{-3} m_{My} g \sin \alpha,$$

где m_{My} — удельная масса машины, приходящаяся на 1 м ширины захвата, кг/м.

Суммарное удельное тяговое сопротивление всего агрегата:

$$K_a = K_M + 10^{-3} m_{cy} g (f_c \cos \alpha \pm \sin \alpha),$$

где m_{cy} — удельная масса сцепки в расчете на 1 м ширины захвата агрегата, кг/м; f_c — коэффициент сопротивления качению сцепки).

Численные значения m_c и f_c приводятся в справочной литературе.

Баланс сил сопротивления машин. Составляющие баланса сил сопротивления сельскохозяйственных машин возникают в результате сложных взаимодействий рабочих машин с трактором, почвой и обрабатываемыми технологическими материалами, а также между отдельными деталями и узлами самих машин. Основными составляющими являются: сила сопротивления перемещению машины по полю R_{Mf} , учитывающая силы трения во втулках ходовых колес, трение колес о почву, деформацию самих пневматических колес и почвы и т. д.; силы трения скольжения R_{MF} , возникающие в результате взаимодействия между рабочими органами и обрабатываемыми технологическими материалами, включая почву, семена, удобрения и т. д.; силы сопротивления, связанные с деформированием обрабатываемого материала R_{MD} (рыхление почвы, измельчение растений и т. д.); силы сопротивления R_{MK} , образующиеся при сообщении кинетической энергии частицам обрабатываемого материала; силы сопротивления R_{MT} , вызываемые трением в передаточных механизмах машины; силы сопротивления R_{MP} перемещению обрабатываемого материала внутри машины; сила сопротивления воздуха R_{MB} , которой обычно пренебрегают из-за ее малости ($R_{MB} \approx 0$); сопротивление от сил инерции R_{MI} при неравномерном движении агрегата; силы сопротивления R_{Ma} подъему машины; силы сопротивления R_{MB} на ВОМ.

Общий баланс сил тяговых сопротивлений машины примет вид:

$$R_{\Sigma} = R_{Mf} + R_{MF} + R_{MD} + R_{MK} + R_{MT} + R_{MP} + R_{MI} + R_{Ma} + R_{MB}$$

Закономерности влияния множества различных факторов на составляющие баланса сил сопротивления рабочих машин имеют сложный характер, поэтому не всегда могут быть определены даже опытным путем. Однако при практических расчетах обычно нет необходимости в отдельном определении

слагаемых в формуле, поэтому формулу чаще используют для общего теоретического анализа.

Пути снижения сил сопротивления. Основные пути снижения сил сопротивления рабочих машин целесообразно разделить на: конструктивные, конструктивно - эксплуатационные и эксплуатационные.

Конструктивный путь предусматривает: создание конструкций рабочих органов машин, обладающих низкими тяговыми сопротивлениями при высоком качестве работы; применение специальных покрытий для уменьшения сил трения между поверхностями рабочих органов и почвой; замена трения скольжения трением качения; создание самозатачивающихся режущих рабочих органов (лемехов плугов, лап культиваторов и т. д.); широкое использование легких металлов и пластмасс в конструкциях машин; создание машин с изменяемой шириной захвата (например, плугов) или геометрической формой рабочих органов в зависимости от условий работы; создание комбинированных машин, выполняющих несколько операций за один проход, и др.

Конструктивно-эксплуатационный путь связан с правильным использованием в соответствии с условиями работы тех регулировок и настроек, которые предусмотрены самой конструкцией машины, включая: расстановку рабочих органов (лап культиватора, дисковых ножей и предплужников на плуге и др.); соединение рабочих машин с трактором, особенно навесных и полунавесных; регулировку рабочих органов и соответствующих механизмов машин и др.

Эксплуатационный путь снижения тяговых сопротивлений обеспечивается проведением следующих мероприятий: соблюдение правил технического обслуживания машин; своевременная заточка или замена (при необходимости) режущих элементов машин (лемехов, лап культиваторов, ножей жатвенных машин и др.); выравнивание полей; удаление камней, пожнивных остатков и препятствий; качественное проведение предшествующих работ (лушение стерни перед вспашкой и др.); уничтожение сорняков (особенно важно для зерноуборочных машин); обработка почвы в состоянии механической спелости при влажности 18...24 %; правильный выбор глубины обработки почвы, особенно вспашки с

учетом агротехнических требований; периодическое глубокое (глубже пахотного горизонта) рыхление (разуплотнение) почвы примерно через 3...4 года; правильный выбор способа движения и рабочей скорости агрегата и др.

9. Сцепки и их эксплуатационные показатели

В составе МТА сцепки представляют собой вспомогательные устройства, предназначенные для соединения нескольких рабочих машин с трактором.

К сцепкам предъявляют следующие требования: высокое качество работы; обеспечение рациональной загрузки двигателя; высокая надежность и маневренность и др.

Классифицируют сцепки по следующим основным признакам.

По *степени универсальности* сцепки подразделяют на: универсальные (для нескольких типов машин-культиваторов, сеялок и др.) и специальные (для отдельных типов машин-сенокосилок, валковых жаток, боковых граблей и т. д.).

По *способу присоединения к трактору* различают: прицепные (со своими ходовыми колесами); навесные, навешиваемые на трактор и имеющие опорные колеса сцепки.

По конструкции рамы различают сцепки с жесткой и шарнирной рамами, а также безрамные. Шарнирные рамы имеют сцепки, предназначенные для образования многомашинных широкозахватных агрегатов.

По *расположению машин* сцепки делят на фронтальные (машины расположены в один ряд перпендикулярно к направлению движения агрегата), косые (машины расположены уступом) и комбинированные с одновременным использованием принципов фронтального присоединения машин и уступом.

Эксплуатационные показатели сцепок. К основным эксплуатационным показателям сцепок относятся фронт сцепки, кинематическая длина и тяговое сопротивление.

Фронт сцепки — наибольшее, предусмотренное конструкцией, допустимое расстояние между крайними точками на бруске, к которому можно присоединить рабочие машины при удовлетворении предъявляемых агротехнических и других тре-

бований. Фронт сцепки в зависимости от возможного числа присоединяемых машин n_M :

$$\Phi_C = (n_M - 1) \cdot e_M$$

Кинематическая длина сцепки равна расстоянию между точками присоединения сцепки к трактору и последнего ряда машин к самой сцепке или к удлинителю по ходу агрегата. Кинематическая длина сцепок данного типа возрастает с увеличением числа присоединяемых машин.

С увеличением фронта и кинематической длины сцепки увеличиваются радиус поворота агрегата и ширина поворотной полосы.

Полное тяговое сопротивление сцепки, кН:

$$R_c = 10^{-3} m_c g (f_c \cos \alpha \pm \sin \alpha),$$

где m_c — масса сцепки, кг; f_c — коэффициент сопротивления качению сцепки.

При эксплуатационных расчетах чаще используют удельное тяговое сопротивление сцепки, приходящееся на 1 м ширины захвата соответствующего агрегата.

Наиболее широко в условиях эксплуатации используют гидрофицированные сцепки: СП-11 с фронтом 7 м и массой 915 кг; С-11У с фронтом 11 м и массой 700 кг; СП-16 с фронтом 13,5 м и массой 1762 кг и сцепку для борон СГ-21 с фронтом 21 м и массой 1800 кг.

Контрольные вопросы

1. Перечислите эксплуатационные свойства машин и агрегатов.
2. Что собой представляет регуляторная характеристика двигателя?
3. Какие внешние силы, действуют на трактор в составе агрегата?
4. Баланс мощности трактора.
5. Тяговый баланс трактора.
6. Перечислите эксплуатационные показатели сельскохозяйственных машин.

Тема 1.3 Основы рационального комплектования МТА

1. Основные требования, предъявляемые к МТА

Машинно-тракторный агрегат (МТА), как указывалось ранее, является разновидностью мобильного агрегата и представляет собой совокупность рабочих машин, источника энергии (двигателя), передаточного (трансмиссии трактора) и вспомогательного (сцепки, навесного устройства и т. д.) механизмов.

Под рациональным комплектованием МТА подразумевают научно обоснованный процесс выбора состава агрегата (трактора, числа рабочих машин и сцепки) и рабочей скорости в соответствии с предъявляемыми требованиями. Практическое комплектование МТА предусматривает соответствующее соединение выбранных машин и сцепки с трактором и проведение необходимых настроечных и регулировочных работ.

Комплектуют МТА с учетом следующих основных требований: высокое качество работы в полном соответствии с агротехническими требованиями; высокая производительность при наименьших затратах ресурсов (трудовых, топливно-энергетических, финансовых, материальных) на единицу работы и конечного урожая; наименьшее отрицательное воздействие на окружающую среду (почву, воздух, воду, культурные растения и др.); обеспечение условий для длительного высокопроизводительного труда человека на агрегате без ущерба для здоровья; высокая надежность и т. д.

Основная часть затрат ресурсов по производству сельскохозяйственной продукции связана с работой МТА, поэтому от комплектования агрегатов во многом зависит эффективность всего сельскохозяйственного производства. При комплектовании учитывают следующие основные факторы: размеры полей и соответствующую длину гона; тип и влажность почвы; угол склона; высоту культурных растений; норму посева, дозу внесения удобрений и агрохимикатов; урожайность убираемых культур и т. д.

2. Способы определения числа машин в агрегате

Способы определения числа машин в составе агрегата с учетом изложенных ранее требований рассматривают в следующей логической последовательности.

1. С учетом агротехнических требований и условий работы (влажность почвы, угол склона, площадь поля и длина гона, удельное сопротивление машины и т. д.) выбирают рабочую машину, а также тип (гусеничный или колесный, общего назначения или универсально-пропашной) и конкретную марку трактора такой мощности, при которой обеспечивается высокая производительность при наименьших эксплуатационных затратах на единицу объема выполняемой работы (элементы методики такого выбора рассмотрены далее).

2. В пределах агротехнических допустимых скоростей выбирают такую передачу трактора, на которой чистая производительность МТА при рабочем ходе будет наибольшей, соответственно удельный расход топлива на 1 га выполненной работы будет наименьшим.

3. По номинальному тяговому усилию трактора на выбранной передаче $P_{крн}$ определяют число рабочих машин, обеспечивающих рациональную загрузку трактора и двигателя.

4. Определяют требуемый фронт сцепки (если число машин более одной) и выбирают конкретную марку сцепки с требуемым фронтом.

5. В соответствии с правилами агрегатирования соединяют машину и сцепку с трактором.

При этом различают три основных способа определения числа машин в агрегате: аналитический (расчетный), графоаналитический и графический.

Аналитический способ предусматривает определение числа машин в агрегате расчетами в указанной ранее последовательности по соответствующим формулам.

Графоаналитический способ основан на рациональном сочетании расчетов с графическими построениями.

Графический способ предусматривает определение числа машин в агрегате непосредственно по тяговой характеристике

трактора при известных значениях тягового сопротивления отдельных машин.

Основное преимущество аналитического способа — высокая точность, обеспечивающая высокую эффективность работы агрегата. Недостатки этого метода — сложность и неудобство его оперативного применения в условиях производства.

Преимущества графоаналитического и графического способов заключаются в наглядности и простоте оперативного их применения непосредственно в условиях производства. Однако эти способы, естественно, менее точны.

Практическое применение какого-то из рассмотренных способов зависит от конкретных условий работы и наличия соответствующих исходных данных, а также вычислительных средств. Часто в условиях производства трактор и соответствующее число машин выбирают на основе нормативных и справочных данных, а также с учетом накопленного опыта составления агрегатов непосредственно в данном хозяйстве.

3. Аналитический метод расчета тяговых агрегатов

Тяговые агрегаты всех типов рассчитывают в приведенной ранее последовательности по соответствующим формулам так, чтобы в заданных условиях агрегат работал с высокой производительностью при наименьшем расходе используемых ресурсов.

Первый этап расчета агрегата — выбор трактора, обеспечивающего работу агрегата с наименьшими эксплуатационными затратами с учетом площади обрабатываемого поля и соответствующей длины гона.

На втором этапе расчета агрегата по приведенным ранее данным устанавливают диапазон допустимых рабочих скоростей для выбранного типа рабочих машин. Далее в пределах указанного диапазона скоростей по тяговой характеристике трактора на соответствующем почвенном фоне определяют передачу трактора, на которой чистая производительность агрегата при рабочем ходе будет наибольшей, m^2/c :

$$\Pi = Bv = \frac{P_{кр} v}{K_a} = \frac{N_{кр}}{K_a},$$

где B — ширина захвата агрегата, м; $P_{кр}$ — тяговое усилие трактора, кН; v — рабочая скорость, м/с; K_a — удельное тяговое сопротивление агрегата, кН/м; $N_{кр}$ — тяговая мощность, кВт.

На третьем этапе расчета агрегата предварительно вычисляют расчетную ширину захвата агрегата B_p при выбранных значениях скорости V и соответствующего тягового усилия $P_{кр}$ по формуле:

$$B_p = (P_{кр.н} \epsilon_{кр.н} - 10^{-3} mg \sin \alpha) / K_a,$$

где $\epsilon_{кр.н}$ — допустимое значение коэффициента использования номинального тягового усилия трактора.

По значению B_p для одномашинных агрегатов (пахотных, луцильных и т. д.) выбирают соответствующую марку машины с фактической шириной захвата b_m , удовлетворяющей условию:

$$b_m \leq B_p.$$

Для многомашинных агрегатов определяют расчетное число машин $n_{м.р}$ с учетом ширины захвата b_m одной машины:

$$n_{м.р} = B_p / b_m.$$

При дробном значении $n_{м.р}$ округляют до целого числа в меньшую сторону. Действительное (рабочее) число машин n_m должно удовлетворять условию:

$$n_m \leq n_{м.р}.$$

Затем вычисляют рабочую ширину захвата агрегата:

$$B = v_M n_M.$$

На четвертом этапе расчета агрегата при $n_M > 1$ вычисляют требуемый фронт сцепки:

$$\Phi_{\text{ср}} = (n_M - 1)v_M.$$

По значению $\Phi_{\text{ср}}$ выбирают марку сцепки с фронтом $\Phi_{\text{с}}$, удовлетворяющим условию:

$$\Phi_{\text{с}} \geq \Phi_{\text{ср}}.$$

На пятом этапе расчета агрегата осуществляют соединение машин и сцепки с трактором в соответствии с имеющимися рекомендациями.

Особенности расчета навесных тяговых агрегатов.

Такие навесные агрегаты обычно являются одномашинными, тогда расчетная ширина захвата определяется по формуле:

$$B_p = \frac{P_{\text{кр.н}} \epsilon_{\text{кр.н}} - 10^{-3} m g \sin \alpha}{K_{\text{м.н}} [1 + \Delta K (v - v_0)] + 10^{-3} m_y g (\lambda_m f \cos \alpha + \sin \alpha)},$$

где λ_m — доля веса рабочей машины и сил сопротивления, догружающих ходовую часть трактора; f — коэффициент сопротивления качению трактора.

По значению B_p выбирают марку рабочей машины. В последующем фактическую загрузку трактора проверяют по аналогии с прицепным тяговым агрегатом.

Особенности расчета комплексных (комбинированных) тяговых агрегатов. Комплексным или комбинированным, как известно, называют агрегат, который за один проход выполняет несколько совмещенных операций (культивация с боронованием, культивация, прикатывание и посев и т. д.).

Соответственно в состав таких агрегатов входят несколько разнотипных машин. Эти ряды составляют как из обычных машин, так и в виде единой комбинированной машины.

Во втором случае комбинированный агрегат рассчитывают аналогично с обычным тяговым агрегатом, подразумевая под K_a удельное тяговое сопротивление комбинированной машины данного типа, определяемое опытным путем.

Если комбинированный агрегат составляют из нескольких обычных машин, то общее удельное тяговое сопротивление агрегата согласно формуле:

$$K_a = K_{M_1} + K_{M_2} + \dots + K_{M_n} + 10^{-3} m_{cy} g (f_c \cos \alpha + \sin \alpha),$$

где $K_{M_1}, K_{M_2}, K_{M_n}$ — удельные тяговые сопротивления отдельных типов машин, кН/м.

Особенности расчета тракторных транспортных агрегатов. Тракторные транспортные агрегаты — разновидность тяговых агрегатов, и их расчет заключается в определении рабочей скорости и числа прицепов в зависимости от условий работы.

Рассмотренные ранее этапы комплектования справедливы и в данном случае. На первом этапе в зависимости от вида груза, расстояния перевозки и дорожных условий выбирают трактор и тип прицепа.

Передачу трактора на втором этапе выбирают по аналогии с формулой. Поскольку тяговое сопротивление тракторных прицепов почти не зависит от скорости (сопротивлением воздуха, как указано ранее, пренебрегаем из-за его малости), то минимум удельного расхода топлива будет соответствовать наибольшей тяговой мощности на тяговой характеристике.

На третьем этапе по аналогии с формулой вычисляют расчетное число прицепов по тяговому усилию трактора:

$$n_{пр} = (P_{кр.н} \epsilon_{кр.н} - 10^{-3} m g \sin \alpha) / R_{п},$$

где $R_{п}$ — тяговое сопротивление одного прицепа, кН:

$$\begin{aligned} R_{п} &= 10^{-3} g (m_{п} + Q_{г.н}) (f_{п} \cos \alpha + \sin \alpha) = \\ &= 10^{-3} g (m_{п} + Q_{г.н} K_{г}) (f_{п} \cos \alpha + \sin \alpha), \end{aligned}$$

здесь $m_{п}$, $Q_{г}$ — соответственно массы самого прицепа и груза, кг; $f_{п}$ — коэффициент сопротивления качению прицепа; $Q_{г.н}$ — номинальная грузоподъемность прицепа, кг; $K_{г}$ — коэффициент использования грузоподъемности.

Дробное значение $n_{пр}$ округляют до целого значения в меньшую сторону и получают действительное число прицепов $n_{п}$ по загрузке трактора в виде:

$$n_{п, т} \leq n_{пр}$$

Полученное значение прицепов не должно превышать допустимого числа $n_{п д}$ по дорожным условиям и маневренности. Из двух значений числа прицепов по загрузке трактора $n_{п, т}$ и дорожным условиям $n_{п д}$ выбирают меньшее.

4. Технологическая наладка машин и агрегатов

После определения состава МТА важнейшее условие его высококачественной и эффективной работы — правильная наладка, как отдельных машин, так и агрегата в целом с учетом особенностей выполняемого технологического процесса в заданных условиях.

Способы наладки машин и агрегатов для выполнения всех основных операций подробно освещены в соответствующих дисциплинах по тракторам и сельскохозяйственным машинам, поэтому далее кратко рассмотрены только общие принципы организации и проведения этих работ. Часть работ по наладке машин и агрегатов сначала приводят с трактором, сцепкой и рабочими машинами отдельно, а другую часть — в составе агрегата, в том числе и непосредственно в полевых условиях.

Основные виды наладочных работ по подготовке трактора к выполнению различных видов работ. Устанавливают требуемую ширину колеи трактора, а также шины требуемого профиля в зависимости от ширины междурядий. Подбирают также соответствующее давление в шинах. Настраивают прицепное и навесное устройства для агрегатирования соответственно прицепных и навесных машин. Например, у тракторов общего назначения ДТ-75М, Т-150, Т-150К для работы с плугом навесной механизм собирают по *двухточечной схеме* при жестком соединении общих частей раскосов. Такая схема обеспечивает свободный поворот трактора относительно продольной оси

на 30° влево и вправо, исключая большие перегрузки в звеньях навесного механизма, которые могли бы привести к их поломке.

Трехточечную схему навески на указанных тракторах с телескопическим соединением раскосов применяют для работы с широкозахватными машинами, обеспечивающими копирование рельефа поля. При недостаточном сцеплении движителей с почвой, а также для улучшения устойчивости и управляемости на колесные тракторы можно навешивать балластные грузы, закачивать в шины воду или другую жидкость. Применяют также полугусеничный ход и дополнительные почвозацепы. Для более точного вождения широкозахватных агрегатов на тракторы устанавливают слепоуказатели — перекидные штанги с отвесами и т. д., а также ограничитель хода штока гидроцилиндра трактора, например для поддержания требуемой высоты среза при работе косилок и жатвенных машин.

Основные виды наладочных работ по подготовке сцепок. Прежде всего размечают брус сцепки для обеспечения симметричного расположения машин относительно продольной оси трактора. Если число машин четное, то от середины бруса в обе стороны откладывают половину ширины захвата одной машины и к полученным точкам присоединяют машины. Затем каждую следующую машину присоединяют к брусу сцепки на расстоянии, равном ширине ее захвата. При нечетном числе машин первую из них присоединяют к середине бруса сцепки, а последующие — в обе стороны с шагом, равным ширине захвата одной машины. Если применяют эшелонированное расположение машин с использованием удлинителей (сцепки типа СП-16), то в первом ряду располагают большее число машин, чтобы уменьшить потребность в удлинителях и облегчить поворот агрегата.

Наладка рабочих машин. Для наладки рабочих машин проводят следующие основные виды работ по настройке для качественного выполнения различных технологических процессов: установка рабочих органов на заданную глубину обработки почвы или на требуемую высоту среза растений; установка вспомогательных устройств типа дискового ножа и предплужника на плуге; расстановка рабочих органов по ширине захвата; установка маркеров для обеспечения требуемой ширины стыко-

вых междурядий; настройка на заданную норму высева семян или внесения удобрений и средств защиты растений и т. д.

Требуемую глубину обработки почвы для большинства орудий (плугов, культиваторов и т. д.) устанавливают на специальной регулировочной площадке, подкладывая бруски требуемой толщины с учетом усадки почвы под опорные колеса при горизонтальном положении рамы машины.

Высоту среза растений регулируют опорными башмаками, а также ограничением хода штока подъемного гидроцилиндра. Рабочие органы по ширине захвата (лап культиватора, сошников сеялки и др.) расставляют с помощью разметочной доски на регулировочной площадке при горизонтальном положении рамы машины. Норму высева семян, дозу внесения удобрений и т. д. устанавливают с помощью соответствующих механизмов. Как известно, норму высева семян у зерновых сеялок регулируют за счет длины активной части высевающей катушки при прокручивании приподнятых ходовых колес. Схема определения длины вылета маркера L показана на рисунке:

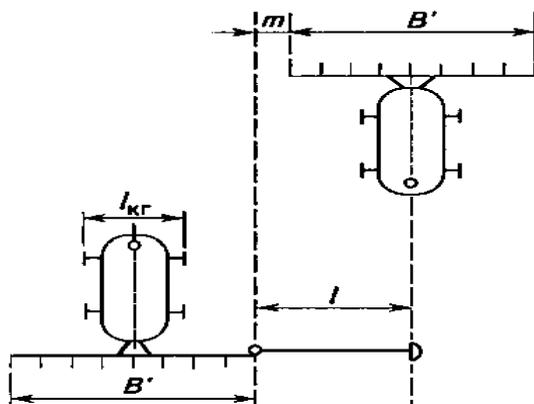


Рис. Схема определения длины вылета маркера

Длиной вылета маркера L в общем случае называют проекцию расстояния от середины следа крайнего рабочего органа машины до следа маркера (у дисковых сеялок — расстояние от крайнего диска до следа маркера). Число маркеров на агрегате

зависит от принятого способа движения: два - при челночном способе, один – при движении вразвал. Длина вылета маркера зависит как от ширины захвата агрегата, так и от способа вождения трактора относительно следа маркера.

Для случая вождения трактора по следу маркера серединой. Длины вылета правого $L_{\text{п}}$ и левого $L_{\text{л}}$ маркеров в этом случае равны между собой и в соответствии с рисунком:

$$l_{\text{п}} = l_{\text{л}} = 0,5B' + m,$$

где B' — расстояние между крайними рабочими органами по ширине захвата агрегата, м; m — ширина стыкового междурядья, м.

Так как ширина захвата посевного агрегата B связана с B' соотношением $B = B' + m$, то равенство примет вид

$$l_{\text{п}} = l_{\text{л}} = 0,5(B + m).$$

Практически для тракториста удобнее вождение трактора по следу маркера серединой правого колеса или краем правой гусеницы. В этом случае для $l_{\text{п}}$ и $l_{\text{л}}$ соответственно получим

$$l_{\text{п}} = 0,5B' + m - 0,5l_{\text{кр}} = 0,5(B + m - l_{\text{кр}}),$$

$$l_{\text{л}} = 0,5B' + m + 0,5l_{\text{кр}} = 0,5(B + m + l_{\text{кр}}),$$

где $l_{\text{кр}}$ — расстояние между серединами колес или краями гусениц, м.

Наладочные работы для всего агрегата. Эти работы сводятся в основном к проверке соблюдения установленных раздельно на тракторе, сцепке и рабочих машинах регулировок непосредственно в полевых условиях. Например, при рабочем ходе агрегата для соблюдения установленной глубины обработки почвы должно быть обеспечено горизонтальное положение рамы навесной машины за счет изменения длины центральной тяги. Может потребоваться и уточнение глубины обработки почвы при неточном учете усадки почвы.

Для посевных и посадочных машин, а также для машин по внесению удобрений и средств защиты растений проверяют точность соблюдения установленной нормы высева или методом контрольного высева. Для этого в технологическую емкость машины засыпают предварительно взвешенное контрольное количество семян или удобрений и измеряют соответствующую контрольную длину рабочего пути агрегата. Соблюдение требуемой нормы оценивается равенством

$$Bl_k u_n / 10^4 = m_{c,y},$$

где l_k — длина пути высева (внесения) контрольного количества семян или удобрений, м; u_n — установленная норма высева семян или доза внесения удобрений, т/га; $m_{c,y}$ — контрольное количество семян или удобрений, т.

Если равенство не соблюдается с требуемой точностью, то ранее установленная регулировка должна быть уточнена повторным контрольным высевом. Другие частные работы по технологической наладке конкретных машин и агрегатов более подробно рассматривают в соответствующих дисциплинах по сельскохозяйственным машинам.

Контрольные вопросы

1. Основные требования, предъявляемые к МТА.
2. Основные виды наладочных работ при подготовке трактора, сцепки, рабочих машин к работе в составе МТА.
3. Наладочные работы агрегатов на регулировочной площадке и в полевых условиях.

Тема 1.4 Движение МТА

1. Способы движения машинно-тракторных агрегатов

Под способом движения машинно-тракторного агрегата понимается характер выполнения агрегатом основной (полезной) работы в загоне (пахота, боронование, посев, уборка и т.д.) и вспомогательной, необходимой для проведения основной (повороты, развороты, заезды), работы на поле.

Из всей продолжительности рабочей смены МТА время на выполнение основной работы составляет 40 — 74% (пахота 66—74%, посев 55-64%, посадка 46—51%, междурядная обработка 50-72%, уборка зерновых 40—70%, уборка картофеля 2 рядным комбайном 39—69%, внесение минеральных удобрений 39—59%). Значительная часть времени 5—6% затрачивается

повороты, холостые переезды, на переезды с загонки на загонку и другие переезды в зависимости от выполнения технологического процесса. Сокращение времени на эти процессы — резерв повышения производительности МТА. А это возможно лишь при знании элементов движения и кинематических характеристик агрегата, основных видов поворота и способов движения агрегатов и необходимой подготовки поля к работе.

Элементы движения и кинематические характеристики агрегата. При работе машинно-тракторного агрегата в поле выделяют два основных элемента движения агрегата: рабочий ход и холостой ход.

Рабочий ход — это движение МТА, при котором выполняется непосредственная технологическая операция — пахота, посев, культивация, скашивание, выкопка корнеклубнеплодов и т.п.

Холостой ход — это движение, при котором полезная работа по данной технологической операции не выполняется. Холостые виды движения можно разделить на две группы:

- 1) холостые ходы, связанные с рабочими процессами (холостые заезды и повороты при производительной работе на загонах у мест погрузки удобрений, произведенной продукции и т.п.);
- 2) вспомогательные холостые ходы при переезде с места стоянки МТА к полю, при переезде с одного поля на другое и т.д.

Первый вид холостого движения зависит от форм движения агрегата, размеров и конфигурации загона и кинематических характеристик самого МТА, от геометрических форм и размеров элементов, из которых складывается его движение. Траектория движения агрегата при выполнении с/х работ состоит из прямолинейных отрезков (движение по прямой линии) и из криволинейных (криволинейное движение вокруг некоторых центров).

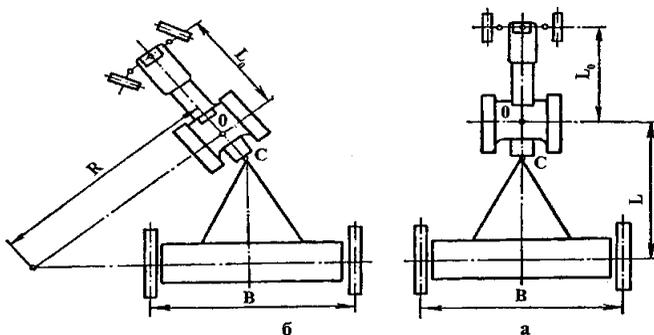


Рис. 1. Схема движения агрегата:
а – по прямой линии; б – криволинейное (поворот).

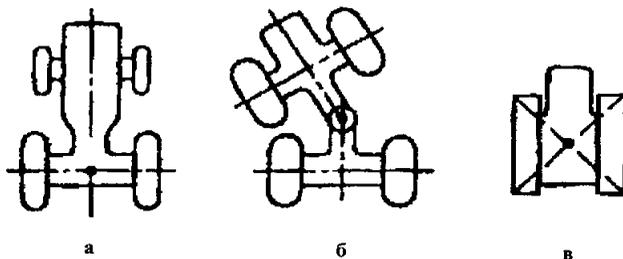


Рис. 2. Основные схемы расположения центра агрегата:
а – с жесткой рамой; б – шарнирно-сочлененной рамой; в – гусеничный.

Кинематическими характеристиками МТА являются:

1. Радиус и центр поворота;
2. Длина выезда агрегата из борозды для разворота;
3. Кинематический центр;
4. Кинематические длина и ширина;
5. Ширина колеи и величина продольной базы трактора (комбайна);
6. Ширина захвата агрегата.

Радиусом поворота (**R**) агрегата называют расстояние от центра агрегата до точки, вокруг которой происходит поворот агрегата.

Центром поворота агрегата называют точку **O₁**, вокруг которой происходит движение центра агрегата по дуге радиусом **R**.

Кинематическим центром агрегата называют условную геометрическую точку на плоскости движения (поверхности

поля) траектория которой рассматривается как траектория МТА при движении по полю.

Центр агрегата **O** — она располагается на середине ведущей оси колесного трактора с жесткой рамой (МТЗ-80) (рис. 2,а); в центре шарнира для тракторов с шарнирно-сочлененной рамой (Т-150К) (рис. 2,б); точки пересечения диагоналей, проведенных через края гусениц — для гусеничных тракторов (рис. 2,в).

Кинематической длиной агрегата называют проекцию расстояния между центром агрегата и линией, перпендикулярной продольной оси трактора и проходящей через наиболее удаленные по МТА точки рабочих органов машины при прямолинейном движении. Кинематическая длина агрегата равна сумме кинематических длин трактора, сцепки и рабочей сельскохозяйственной машины (орудия).

Кинематической шириной агрегата d_K называют расстояние между проекциями на поверхность поля продольной оси трактора и параллельной линии, проходящей через наиболее удаленную точку агрегата.

Ширина колеи, величина продольной базы трактора, ширина захвата МТА являются основой для расчета поворотной полосы.

Основные виды поворотов МТА.

При работе машинно-тракторных агрегатов в поле он совершает прямолинейные ходы (движение) вдоль гона и повороты на конце гона.

Основными видами поворотов, применяемыми при заездах МТА для работы на делянке (поле) являются повороты на 90° и на 180° .

Повороты на 90° совершают при холостых заездах с выключенными рабочими органами машин или орудий или при круговой работе без выключения.

Повороты на 180° производятся, главным образом, при холостых заездах во время гоновой работы. В зависимости от расстояния между рабочими ходами агрегата, заезды при поворотах бывают петлевые и беспетлевые.

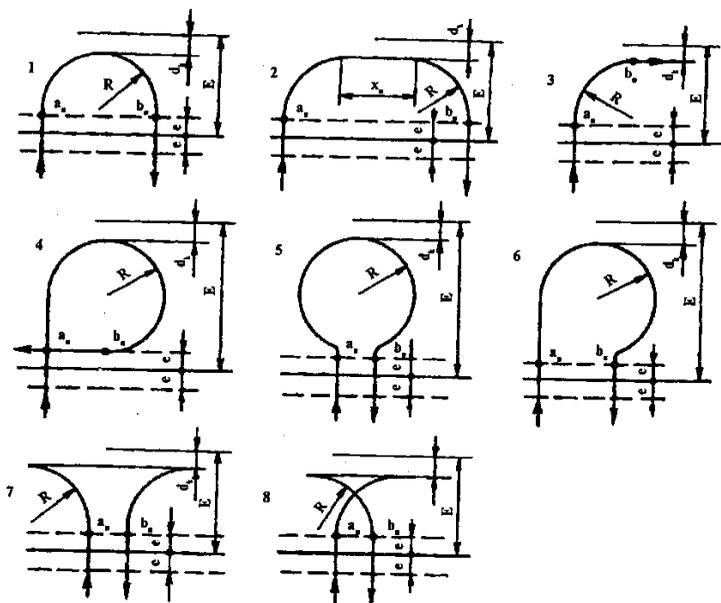


Рис. 3. Основные виды поворотов машинно-тракторных агрегатов:
 Беспетлевые: 1 – круговой; 2 – с прямолинейным участком; 3 – угловой.
 Петлевые: 4 – закрытая петля; 5 – грушевидный; 6 – односторонний.
 Грибовидные: 7 – с открытой петлей; 8 – с закрытой.

Петлевые повороты по форме могут быть грушевидные, восьмеркообразные и грибовидные (Рис. 3). Наименьшая длина холостого хода достигается, если поворот произведен с кривизной, равной наименьшему радиусу поворота агрегата. При последующих поворотах расстояние между началом петлевого заезда и его концом увеличивается. Средняя длина петлевого заезда не зависит от соотношения между захватом агрегата и его радиусом и может быть принята равной при заезде грушевидной петлей $6R$, а при заезде восьмеркообразной петлей — $8,4R$. Следовательно, петлевые восьмеркообразные повороты имеют большую длину заездов, и, следовательно, не выгодны в сравнении с грушевидными.

Петлевые повороты перестают быть выгодными, когда расстояние между началом и концом заезда достигает $2R$. С дальнейшим увеличением ширины обрабатываемой полосы беспетле-

вой поворот будет состоять из двух поворотов на 90° и прямолинейного отрезка, длина которого зависит от ширины делянки. Длина холостых заездов зависит от расстояния между началом и концом заезда величины радиуса поворота и величины выезда.

Грибовидные способы поворота применяют при работе трактора с навесными машинами и орудиями, при использовании на поворотах заднего хода, когда необходимо максимально уменьшить ширину поворотной полосы.

Характеристики поворотов машинно-тракторного агрегата приведены в таблице.

Таблица
Характеристика поворотов машинно-тракторного агрегата

Вид поворота	Номер и название поворота	Форма поворота	Средняя длина поворота, выраженная через R_0	Наименьшая ширина поворотной полосы E , выраженная через R_0
1	2	3	4	5
Повороты на 90° (преимущественно при работе круглоуступочно)	1. Беспетлевой		$(1,6-1,8) R_0$	$1,1R_0 + 0,5d_1$
	2. Открытая петля		$(6-8,5) R_0$	$2,8R_0 + 0,5d_1$
	3. Закрытая петля		$(5,0-6,5) R_0$	$2R_0 + 0,5d_1$
	4. Петля с задним ходом		$(2,5-3,5) R_0$	$1,2R_0 + 0,5d_1$
Повороты на 180° (преимущественно при гоночных способах движения)	5. Беспетлевой по окружности		$(3,2-4,0) R_0$	$1,1R_0 + 0,5d_1$
	6. Беспетлевой с прямым участком		$(1,4-2,0) R_0 + x$	$1,1R_0 + 0,5d_1$
	7. Петлевой грушевидный		$(6,6-8,0) R_0$	$2,8R_0 + 0,5d_1$
	8. Петлевой восьмеркой		$(8-9) R_0$	$3R_0 + 0,5d_1$
	9. Боковая петля		$(11-13) R_0$	$2R_0 + 0,5d_1$
Повороты на 180° (преимущественно при гоночных способах движения)	10. Сдвоеннопетлевой		$(13,0-14,5) R_0$	$2R_0 + 0,5d_1$
	11. Срезанная открытая петля		$(4,1-5,0) R_0$	$1,1R_0 + 0,5d_1$
	12. Срезанная закрытая петля		$(5,0-5,5) R_0$	$1,1R_0 + 0,5d_1$
	13. Игольчатый (реверсивный)		$(2,8-4,0) R_0$	$2R_0 + 0,5d_1$

Способы движения машинно-тракторного агрегата и их выбор. Различают три способа движения машинно-тракторного агрегата при выполнении полевых работ: гоновый, круговой (фигурный) и диагональный.

Гоновый способ (рис. 4) — это когда агрегат совершает прямолинейные рабочие ходы вдоль загона или под углом к продольной линии загона с холостыми поворотами и заездами у поперечных краев загонов. На конце поля агрегат совершает поворот на 180° . Наиболее типичным гоновым петлевым способом движения является движение «челноком».

При гоновых способах движения на краях загонов необходимо оставлять место для поворотной полосы (для совершения агрегатом заездов и поворотов).

Ширина поворотной полосы зависит от ширины захвата агрегата, величины выезда агрегата и формы холостых заездов. Обработка (заделка) поворотных полос после выполнения работ на всем поле (участке) производится гоновым способом или вкруговую.

При круговом способе движения (рис. 5) агрегат совершает движение параллельно сторонам загона, непрерывно в одном направлении по спирали от периферии к центру или от центра к периферии. Траектория движения МТА от периферии к центру представляет собой свертывающуюся спираль, а при движении от центра развертывающуюся спираль, начинающуюся от центральной площадки.

Работа МТА по круговому способу движения выгодна на прямоугольных загонах с соотношением сторон не менее 4 : 1.

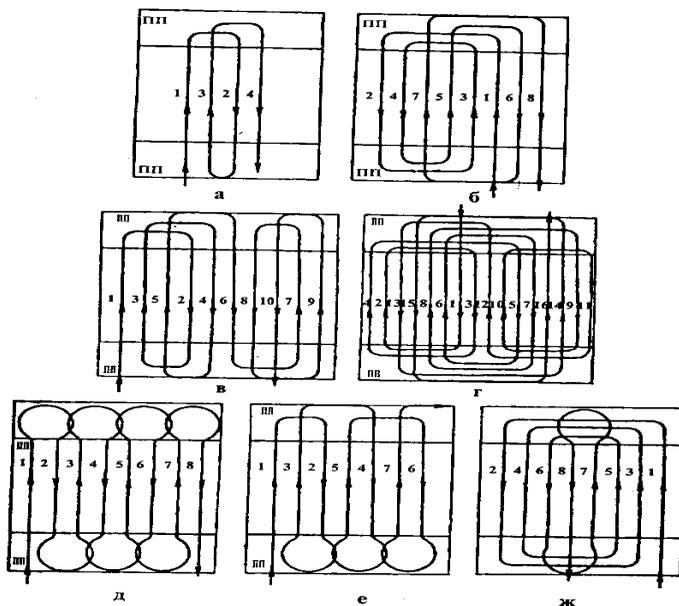


Рис. 34. Гоновые способы движения агрегата:
А — беспетлевые: а — перекрытием; б — комбинированный; в — пропашка;
 г — четырехполосный. **Б** — петлевые: д — челночный;
 е, ж — вразвал (всвал — движение, обратное изображенному);
 ПП — поворотные полосы. Цифры — номера рабочих ходов.

Круговой способ движения применяют, например, на кошении трав, при комбайновой уборке зерновых, бороновании, дисковании и др.

При диагональном способе движения (рис. 6) агрегат совершает рабочий ход под углом к длинным сторонам загона (участка). Первый проход делают по диагонали, затем обрабатывают одну сторону поля, а после другую. Движение производится «челноком». При диагональном односледном способе движения имеют место повороты, как по часовой стрелке, так и против часовой стрелки, и один поворот, связанный с переездом на другую сторону от первого прохода по диагонали, для обработки второй половины поля.

Для высокого качества выполнения технологического процесса при оптимальном использовании МТА при диагональном способе движения необходимо стремиться к тому, чтобы загоны имели форму, близкую к квадрату.

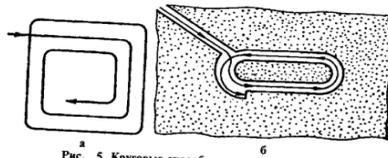


Рис. 5. Круговые способы движения агрегатов:
а – от периферии к центру; б – от центра к периферии.

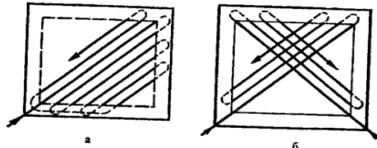


Рис. 6. Диагональные способы движения агрегатов:
а – челночный; б – перекрестный.

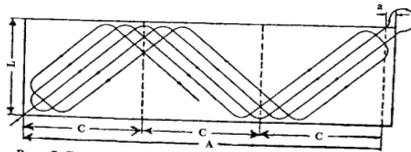


Рис. 7. Диагонально-перекрестный способ движения агрегата при разбивке загона на участки, близкие к квадрату

Разновидностью диагонального способа движения МТА является диагонально-перекрестный способ движения, когда агрегат составлен из машин и орудий, расположенных в один ряд, а необходимую обработку проводят в два следа (рис. 6). При этом способе агрегат начинает движение по диагонали и продолжает его, поворачиваясь при достижении противоположных сторон загона. В результате такого способа движения образуются перекрещивающиеся ходы, и поле обрабатывается в два следа. Как для диагонального, так и для диагонально-перекрестного способа движения оптимальной формой является квадратная, поэтому поле прямоугольной формы разбивают на части, близкие к квадратам, и движение совершают, как показано на рис. 7.

При диагонально-перекрестном способе движения МТА поворотных полос не делают, а обозначают границы поля, выделенного под данный способ. При диагонально-перекрестном

способе движения повороты производятся без перерыва рабочего процесса. Одним из показателей, характеризующим способ движения МТА, является коэффициент рабочих ходов (К), который определяют по формуле:

$$K = S_p / (S_p + S_x),$$

где S_p – длина рабочих ходов, S_x – длина холостых ходов при поворотах и заездах.

Чем выше коэффициент рабочих ходов, тем выше производительность МТА.

Выбор способа движения зависит от вида выполнения технологического процесса (пахота, поверхностная обработка почвы, посев, посадка, кошение трав, уборка и т.п.), конструктивных параметров машин и агрегата, конфигурации и размеров поля, предшествующей обработке, агротехнических требований, принятой организации проведения работ.

Выбор способа движения направлен на получение максимальной производительности МТА при высоком качестве выполнения технологического процесса с минимальными затратами энергии (горючего, электроэнергии), обеспечение безопасности для обслуживающего персонала и наименьшего вреда окружающей среде. Так, для получения более четкого следа маркера предпочтительнее движение посевных и посадочных агрегатов перпендикулярно или под углом к направлению движения МТА при предшествующей обработке. Способ движения зерноуборочных агрегатов зависит от состояния культуры (прямостоякости, полеглости), рельефа и конфигурации участка и его размеров.

При обработке полей со сложным склоном в районах, подверженных водной эрозии, движение МТА должно производиться по контуру склона, при обработке одностороннего склона – поперек склона, чтобы задержать талые и дождевые воды, тем самым предотвратить размывание склонов.

В районах, подверженных ветровой эрозии, обработку почвы проводят в направлении, перпендикулярном к направлению преобладающих ветров.

Подготовка поля к выполнению работ.

Подготовка поля к выполнению работ заключается в проведении организационно-технических мероприятий, направленных на повышение производительности используемой техники при высоком качестве выполнения работ, исключение непроизводительных передвижений агрегатов, сокращение их простоя, сокращение потерь продукции и нанесение наименьшего ущерба окружающей среде.

В перечень работ по подготовке поля входят:

- освобождение поля от посторонних предметов, мешающих проведению работ (солома, крупногабаритные камни, бетонные плиты, металлические конструкции, упавшие деревья);
- выбор способа и направления движения конкретно по месту проведения работ;
- выравнивание или заделка промоин, глубоких канав, отвод воды с поворотных полос, если это возможно;
- разметка поля;
- проверка качества проведения предшествующей обработки поля; подготовка подъездных путей, съездов.

Выбор способа и направления движения проводят в соответствии с соображениями, изложенными в предыдущем параграфе данной главы.

Выравнивание поля проводят с применением борон, культиваторов, бульдозеров и других машин в зависимости от величины канав и неровностей. Отвод воды из лужи на концах полей проводят рытьем отводных канавок вручную или с применением механизмов.

Разметка поля включает выделение поворотной полосы, разбивку поля на загоны, разметку мест для подготовки и заправки агрегатов технологическим материалом (рабочей жидкостью, растворами, семенами, удобрениями и т.п.), мест разгрузки бункеров, проведение контрольной линии и линии первого прохода.

Ширина поворотной полосы выбирается в зависимости от габаритных размеров МТА, выбранного способа движения и

формы поворота. Так, для петлевого грушевидного способа ширину поворотной полосы можно определить по формуле:

$$\Pi = 3R + e,$$

где R — радиус поворота агрегата, e — величина выезда.

Для беспетлевого поворота:

$$\Pi = 1,5R + e,$$

С целью исключения лишних проездов ширину поворотной полосы округляют до целого числа проходов рабочего агрегата. Для работы агрегата на повышенных скоростях ширина поворотной полосы увеличивается.

Загоны отбивают с целью эффективного использования машинно-тракторного агрегата, их величина зависит от ширины захвата агрегата, длины гона, состояния поля.

Для работы группы однотипных агрегатов ширина загонов будет одинаковой. Если поле имеет прямоугольную форму шириной A и длиной L , то число загонов одинаковой ширины C будет:

$$n = A / C ,$$

где n — целое число загонов.

Площадь каждого участка S составит:

$$S = C \cdot L$$

Величина загонки должна быть кратной дневной выработке агрегата (1 - 2 смены). Каждый агрегат должен работать на своей загонке. При посадке в предварительно нарезанные грядки или уборке пропашных культур число рядков в загонке должно быть кратным захвату уборочной машины.

Загоны, поворотные полосы и линии первого прохода отмечают вешками длиной около 2 м, расставляя их так, чтобы последующая вешка была видна от предыдущей. Затем отмечают вешками места повышенной влажности, болотца, скрытые

канавы и другие препятствия. Проверка качества предыдущей обработки поля заключается в проверке на соответствие агротребованиям подготовки поля - наличие свальных и развальных борозд, комковатости или глыбистости, качества заделки удобрений и растительных остатков, наличие сорняков, мешающих выполнению основной операции, и т.д. При необходимости выявленные дефекты при подготовке поля устраняют.

Подготовка подъездных путей и съездов, планировка площадок технологического и технического обслуживания проводятся с целью исключения поломок техники, сокращения времени на въезды техники и исключения пересечения маршрутов.

Планировку площадок и подъездных путей проводят грейдерами и бульдозерами.

В зависимости от выполняемой технологической операции перечень подготовительных операций отличается по набору работ.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные элементы движения МТА при выполнении сельскохозяйственных работ.
2. Перечислите виды поворотов агрегатов.
3. Перечислите способы движения МТА

Тема 1.5 Производительность МТА, пути её повышения

1. Производительность машинно-тракторного агрегата

Машинно-тракторный агрегат под управлением механизатора выполняет определенную технологическую операцию с заданным агротехническими требованиями качеством. Объем работы, выполняемый агрегатом за определенные промежутки времени, называют **производительностью**. В зависимости от характера технологического процесса, объем работы оценивают величиной обработанной площади в гектарах (га) или квадратных метрах (m^2), количеством переработанного материала в тоннах (т) или килограммах (кг), объемом перемещенного или переработанного материала в кубических метрах (m^3) или в литрах (л). Для транспортных операций объем выполненной работы

оценивают количеством перевезенного груза в тоннах (т) или количеством груза, умноженного на расстояние перевозки (ткм).

При рассмотрении технологического процесса машины производительность оценивают объемом работы, выполняемым за одну секунду (с) — кг/с, м²/с, л/с. Эту производительность называют **пропускной способностью**. Максимальную пропускную способность машины в эталонных условиях при допустимом качестве работы принимают в качестве **номинальной пропускной способности**. Так, для зерноуборочных комбайнов номинальную пропускную способность определяют при уборке растений с отношением массы зерна к массе соломы 1:1,5 и общих потерях за молотилкой 1,5%; для кормоуборочных машин номинальная пропускная способность ограничивается долей фракций с заданной длиной резки.

Для оценки потребительских свойств машинно-тракторных агрегатов их производительность оценивают объемом работы, выполняемым за час основного времени (чистая производительность) и за час сменного времени. При необходимости определяют производительность за час технологического времени или за час эксплуатационного времени (га/ч, т/ч, ткм/ч, м³/ч).

Производительность МТА на полевых работах за час основного времени определяют делением обработанной площади F на время основной работы T_о:

$$W_{\circ} = \frac{F}{T_{\circ}} = \frac{B_p \times L_p}{T_{\circ}} = c_w (B_p \times V_p),$$

где B_p — рабочая ширина захвата; L_p — путь, пройденный агрегатом за время T_о; V_p — рабочая скорость (V_p= L_p / T_о). Если ширину захвата брать в метрах, скорость в м/с, то производительность получим в м²/с. Для того чтобы производительность получить га/ч, необходимо полученное значение умножить на размерный коэффициент c_w=0,36. Рабочую ширину захвата B_p определяют как отношение ширины участка, обработанного за несколько проходов агрегата, к числу проходов m (B_p= B_{уч}/m). Рабочая ширина захвата может быть больше или меньше конструктивной B_к. Это связано с положением зоны пере-

крытия для смежных проходов. Отношение рабочей ширины захвата к конструктивной называют коэффициентом использования конструктивной ширины:

$$\beta = B_p / B_k$$

Производительность за час основного времени W_0 характеризует предельные возможности агрегата выполнять данную работу в конкретных почвенных условиях. Она зависит от энергоемкости технологического процесса k_M , номинальной мощности двигателя N_H и коэффициента ее использования k_N , тягового коэффициента полезного действия трактора η_T :

$$W_0 = c_w \frac{N_H}{k_M} k_N \eta_T$$

Производительность за час сменного времени определяют как произведение чистой производительности W_0 на коэффициент использования рабочего времени смены τ :

$$W_{CM} = W_0 \cdot \frac{T_0}{T_{CM}} = W_0 \cdot \tau,$$

где T_{CM} — продолжительность времени смены; τ — коэффициент использования рабочего времени смены ($\tau = T_0 / T_{CM}$).

Объем работы, выполненный агрегатом в течение нормативной рабочей смены (7 часов на основных видах полевых работ), называют **сменной выработкой** W (га, т, м³). Сменную выработку, полученную в типовых условиях W^1 , принимают в качестве нормативного значения.

Типовые условия работы агрегатов при данной длине гона характеризуются: правильной конфигурацией поля, ровным рельефом (уклон до 1°), высотой над уровнем моря до 500 м, отсутствием каменистости и препятствий, средней плотностью и нормальной влажностью почвы (18—22 %). При уборке зерновых культур дополнительно учитывают наличие прямо-

стоящего хлебостоя, имеющего кондиционную влажность хлебной массы 16—18%, и отсутствием сорняков.

Сменную выработку агрегата в заданных условиях W определяют как произведение производительности в типовых условиях W^T на обобщенный поправочный коэффициент на местные условия K_{OB} :

$$W = W^T \cdot K_{OB}$$

Значение поправочного коэффициента K_{OB} в зависимости от условий изменяется в широких пределах 0,63—1,0 и определяется его с учетом данных по паспортизации полей и почвенных карт для предприятия или отдельного подразделения. Обобщенный поправочный коэффициент K_{OB} определяют как произведение частных коэффициентов для каждого фактора:

$$K_{OB} = K_p K_k K_v K_{ск} K_n,$$

где K_p , K_k , K_v , $K_{ск}$, K_n — значения поправочных коэффициентов на рельеф, каменистость, высоту над уровнем моря, сложность конфигурации и наличие препятствий на поле.

Рельеф поля оценивают углом склона в градусах и группируют в пять классов: менее 1,1 — 3,3 — 5,5 — 7 и более 7°. На полях с углом склона более 10° должна эксплуатироваться специальная техника, созданная для горного земледелия.

Каменистость оценивают по количеству камней в м³ на га в слое почвы 25 см (м³/га) и группируют в 4 класса: 1 — до 0,5 (отсутствует); 2 — от 0,5 до 20,0 (слабая); 3 — от 20,0 до 55,0 (средняя) и 4 — более 55,0 (сильная).

Оценку сложности конфигурации поля осуществляют с учетом классификации участков по пяти группам. Поля, имеющие форму прямоугольника, квадрата или близкую к ним, относят к участкам с правильной конфигурацией — I группы.

Во II группу включены участки, имеющие ровные стороны без выпуклостей, наименьший угол между смежными сторонами больше 27°. К этой группе относят участки в форме эллипса и полуэллипса, близкой к окружности.

В III группу включены участки, имеющие форму аналогичную I группе, но наименьший угол между смежными сторонами менее 27° и вытянутой формой эллипса. К этой группе относят участки, имеющие выпукло-вогнутые участки и прямолинейную сторону. Обработку таких участков проводят вдоль одной из прямых сторон.

К IV группе относят участки выпукло-вогнутой формы с долей выпуклых участков более 50%. Если число выпуклостей или вогнутостей на поле более 3, то такие участки относят к V группе.

Следует отметить, что одним из возможных направлений повышения производительности МТА является улучшение формы участков.

Наличие препятствий на поле, мешающих выполнению полевых работ, оценивают по степени изрезанности в процентах (%), подсчитываемой как отношение суммарной площади препятствий на участках $F_{\text{ПР}}$ к общей площади этих участков F и умноженное на 100:

$$C_{\text{ПР}} = (F_{\text{ПР}} / F) \cdot 100$$

Примерная площадь, занимаемая одним столбом: на деревянной основе — 4 м^2 , бетонной основе — 20 м^2 , двухопорного столба — 78 м^2 , четырехопорной мачты — 176 м^2 .

Для практического использования при определении норм выработки пользуются специально разработанным справочником: «Типовые нормы выработки на работы в растениеводстве».

Для учета механизированных работ используют условную единицу — условный эталонный гектар (у.э.га).

Условный эталонный гектар — это объем работы, соответствующий вспашке одного физического гектара стерни колосовых культур на глубину $0,2$ — $0,22 \text{ м}$ среднесуглинистых некаменистых почв при влажности 20 — 22% , при удельном сопротивлении плуга со стандартными корпусами 50 кН/м^2 на скорости $1,4 \text{ м/с}$ (5 км/ч), ровном рельефе (угол склона до 1°), высоте над уровнем моря не более 200 м , длине гона 800 м , на полях правильной конфигурации без препятствий. Перевод объема выполненной трактором конкретной работы в условные эталонные гектары осуществляют путем умножения числа фак-

тически выполненных сменных норм (нормосмен) H на сменную выработку данного трактора в эталонных условиях:

$$F_{у.э.га} = H \cdot W_{у.э}$$

Сменную выработку трактора в эталонных условиях $W_{у.э}$ подсчитывают как произведение коэффициента перевода физических тракторов в эталонные $k_{ЭТ}$ на продолжительность времени смены $T_{см}$ (7 часов):

$$W_{у.э} = k_{ЭТ} T_{см} = 7 \cdot k_{ЭТ}$$

За **условный эталонный трактор** принят трактор с эффективной мощностью 55 кВт и мощностью на крюке 35 кВт, имеющий наработку, равную 1 у. э. га за час сменного времени. Этому требованию примерно соответствуют гусеничные тракторы ДТ-75 и Т-74.

При организации выполнения производственных процессов в качестве основной расчетной единицы применяют суточную выработку агрегатов $W_{сут}$, определяемую как произведение сменной выработки W на коэффициент сменности $K_{см}$ ($W_{сут} = W \cdot K_{см}$). Значение коэффициента сменности определяют как отношение продолжительности работы в течение суток $T_{сут}$ на нормативную продолжительность времени смены $T_{см}$ ($K_{см} = T_{сут} / T_{см}$).

Для определения необходимого числа сельскохозяйственных машин необходимо знать сезонную производительность $W_{сез}$, подсчитываемую как произведение суточной выработки агрегата $W_{сут}$ на число календарных дней использования машины D_k и на коэффициент использования календарного времени по метеоусловиям (коэффициент погодности) $K_{пог}$:

$$W_{сез} = W_{сут} \cdot D_k \cdot K_{пог}$$

2. Баланс времени смены

Баланс времени смены оценивает соотношение отдельных составляющих, характеризующих суммарную продолжительность выполнения отдельных элементов производственного процесса. Продолжительность времени смены включает продолжительность: основной работы T_0 , поворотов агрегата T_1 , технологического обслуживания T_2 , устранения технологических отказов T_3 , холостых переездов T_4 , подготовки агрегата к работе T_5 , регламентируемых элементов затрат времени на получение наряда, отдых и личные надобности T_6 и проведение ежесменного технического обслуживания T_7 :

$$T_{CM} = T_0 + T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7.$$

Доля выполнения основного рабочего процесса в продолжительности времени смены представляет собой коэффициент использования времени смены.

Время на повороты зависит от параметров агрегата, вида поворота и способа его движения, скорости поворота и типа агрегата. Кроме этого, время на повороты существенно может быть уменьшено за счет предварительной разметки поля на загоны и правильного первого прохода.

Продолжительность технологического обслуживания включает в себя время загрузки или разгрузки технологической емкости (бункер зерноуборочного комбайна, емкости для семян и удобрений у сеялок и т.д.), заправку технологическим материалом, подъем и опускание маркеров, выглубление рабочих органов на поворотах, смену транспорта, контроль качества работы и изменение технологических регулировок, связанных с изменением режимов и условий работы.

Нарушение качественного выполнения технологического процесса или невозможность его выполнения из-за залипания или забивания рабочих органов называют **технологическими отказами**. Появление технологических отказов связано с неблагоприятными условиями и несоответствием регулировок этим условиям, с

ошибками механизатора при управлении агрегатом. Общее время устранения технологических отказов T_3 включает в себя продолжительность очистки рабочих органов от заливаний или забивания растительными остатками, забиваний измельчающих или обмолачивающих устройств, включая и их холостые проработки с целью предупреждения забиваний или после их устранения. Надежность выполнения технологического процесса зависит также и от конструкции сельскохозяйственной машины.

Время холостых переездов T_4 включает в себя продолжительность холостых переездов с поля на поле, технологических переездов под заправку технологическим материалом, с пустыми волокушами, ковшами или контейнерами, переезды на конец поля из-за полеглости хлебостоя. Время переездов в начале и конце смены на расстояние до 2 км нормируется и принимается равным 16 минутам. Переезды на большее расстояние оплачиваются отдельно.

Время подготовки агрегата к работе T_5 включает в себя затраты времени на агрегатирование и перевод агрегата в рабочее и транспортное положение. Современные сельскохозяйственные машины оборудуются устройствами для облегчения их навешивания на энергетическое средство. К таким устройствам, прежде всего, относятся различные автосцепки. Для быстрого перевода широкозахватных машин из рабочего в транспортное положение и обратно рама делается шарнирно-сочлененной с двумя боковыми секциями, поднимаемыми с помощью гидравлики.

Согласно методике, разработанной Научно - исследовательским институтом труда, время на личные надобности (умыться, причесаться и т.п.) принимают равным 10 минутам в смену независимо от вида работы и продолжительности рабочей смены. Время на отдых устанавливают в зависимости от факторов утомляемости: физических усилий, нервного напряжения, темпа работы, рабочего положения, монотонности работы, температуры, влажности и загрязненности воздуха в рабочей зоне, шума, вибрации и толчков, освещения.

Для каждого из факторов в справочниках по инженерной психологии устанавливают долю времени для отдыха в процентах от времени основной работы. Общее время отдыха опреде-

ляют как сумму времени для отдыха, соответствующего каждому из факторов утомляемости.

Продолжительность ЕТО регламентируется при создании с/х машин, тракторов, комбайнов.

Эксплуатационное время работы машинно-тракторного агрегата включает сменное время T_{CM} и сумму затрат времени на переоборудование и комплектование агрегата T_8 , проведение периодического технического обслуживания T_9 и устранение технических отказов T_{10} :

$$T_{ЭК} = T_{CM} + T_8 + T_9 + T_{10}$$

Затраты времени на переоборудование или комплектование агрегата связано с необходимостью перехода с одной технологической схемы на другую или с одного вида работ на другой.

Уменьшение затрат времени на проведение планового технического обслуживания достигают созданием эффективной системы технического сервиса, повышением профессионального уровня механизаторов, качественным выполнением регламентных работ специализированной службой и качеством использованных материалов.

3. Пути повышения производительности машинно-тракторных агрегатов

Добиться повышения производительности машинно-тракторных агрегатов и всего парка можно за счет комплексного учета всех основных действующих факторов.

Первая группа факторов должна решаться на этапе создания машин. В конструкцию машины должны быть заложены оптимальные параметры, высокая надежность и ремонтпригодность, приспособленность конструкции к проведению технического и технологического обслуживания, созданы благоприятные условия работы для обслуживающего персонала.

Вторая группа факторов связана с практическим использованием потенциальных возможностей агрегатов в процессе их эксплуатации. Для этого необходимо обеспечить оптимальное комплектование агрегатов и исправное состояние рабо-

чих органов, соответствие технологических регулировок условиям и оптимальному режиму работы, выбрать наилучший способ движения на поле и провести необходимую подготовку поля. Скрытые потери производительности связаны с потерей мощности двигателя трактора или комбайна.

Механизатор по внешним признакам чувствует снижение мощности двигателя до 10% на обычных тракторах и до 20% на энергонасыщенных. С потерей мощности снижается практически пропорционально и производительность. Практика показывает, что при снижении мощности более 7% выгоднее остановить трактор для устранения неисправности.

К *третьей группе* факторов, обеспечивающих высокую производительность, относятся факторы, связанные с организацией использования машинно-тракторных агрегатов: обеспечение быстрой доставки агрегатов и механизаторов к месту работы и обратно, сокращение простоев машин из-за ожидания обслуживаемых агрегатов и устранения технических отказов, применение прогрессивных организационных форм групповой работы агрегатов.

Четвертая группа факторов, обеспечивающих высокую производительность агрегата, связана с обеспечением оптимальной работоспособности и роста профессионального мастерства механизатора.

Контрольные вопросы

1. Основные понятия производительности агрегатов.
2. Влияние человеческого фактора на производительность и эффективность использования техники и энергоресурсов.
3. Пути повышения производительности агрегатов.

Тема 1.6 Эксплуатационные затраты при работе МТА

1. Затраты труда и денежных средств

Затраты труда являются одним из основных показателей, характеризующих уровень механизации сельскохозяйственных процессов и определяющих себестоимость их выполнения.

Различают прямые затраты, связанные с непосредственным обслуживанием машины, и общие затраты труда, складываемые с учетом выполнения всех вспомогательных работ.

Прямые затраты — это затраты труда рабочих, непосредственно обслуживающих агрегат (тракториста и др.), на единицу обрабатываемой площади (чел.ч/га) или единицу продукции (чел.ч/т). Затраты труда на гектар обработанной площади определяются из выражения:

$$Z_F = m_M / W_{CM},$$

где m_M — численность обслуживающего агрегат персонала; W_{CM} — производительность агрегата за час сменного времени.

Большинство сельскохозяйственных агрегатов обслуживаются одним механизатором.

Общие затраты труда при выполнении того или иного сельскохозяйственного процесса в соответствующих единицах составляют:

$$Z_{OF} = (m_M + m_B) / W_{CM},$$

где m_B — число вспомогательных рабочих, приходящихся на 1 ч эксплуатационного времени работы агрегата.

Затраты труда на один гектар при возделывании сельскохозяйственной культуры определяют как сумму затрат труда для каждой операции:

$$Z_{\text{сум}} = Z_{F1} + Z_{F2} + \dots + Z_{FK} \text{ ИЛИ } Z_{O_{\text{сум}}} = Z_{OF1} + Z_{OF2} + \dots + Z_{OFK}$$

Для оценки затрат труда на одну тонну полученной продукции суммарные затраты труда делят на урожайность данной культуры.

$$Z_U = Z_{\text{сум}} / U \text{ или } Z_{OU} = Z_{\text{осум}} / U$$

Снижение затрат труда может быть достигнуто в результате уменьшения числа обслуживающего персонала путем автоматизации управления и контроля за ходом технологического процесса, повышения производительности МТА; применения более мощных тракторов и увеличения рабочих скоростей; внедрения прогрессивных технологических процессов, выполняемых комплексами машин; высокого уровня использования техники; внедрения новых форм технического обслуживания МТА; повышения культуры земледелия и урожайности.

Все стоимостные затраты, связанные с эксплуатацией машин можно подразделить на прямые производственные затраты, связанные с выполнением той или иной технологической операции относящиеся к ее себестоимости, и косвенные затраты, которые трудно отнести к отдельным видам технологических операций.

Косвенные затраты — это в основном накладные расходы: содержание административно-управленческого персонала и специалистов, подсобных и вспомогательных рабочих, содержание помещений и сооружений, приобретение инструментов, амортизация основных средств и т. д. Учесть все эти виды затрат при оценке работы агрегата в поле не представляется возможным. Поэтому сравнительную оценку разных агрегатов проводят по прямым эксплуатационным затратам.

Прямые затраты — эксплуатационные затраты, связанные с выполнением технологической операции, исчисляются в рублях на 1 час работы машин, на 1 га выполненной работы или на 1 т произведенной продукции.

Прямые эксплуатационные денежные затраты за 1 час работы агрегата $C_{Эч}$ (руб./ч) рассчитывают как сумму затрат на топливо C_T , заработную плату $C_{ЗП}$ и затраты по трактору, сцеп-

ке и рабочей машине на амортизацию, ремонт и техническое обслуживание (включая и хранение) $C_{\text{АРТО}}$:

$$C_{\text{ЭЧ}} = C_{\text{T}} + C_{\text{ЗП}} + C_{\text{АРТО}}.$$

Затраты на топливо и смазочные материалы определяют как произведение расхода топлива на один га Q_{F} (кг/га) на производительность агрегата за час сменного времени $W_{\text{СМ}}$ (га/ч) и комплексную цену стоимости дизельного топлива, учитывающую и стоимость смазочных масел — $\text{Ц}_{\text{К}}$ (руб./кг):

$$C_{\text{T}} = Q_{\text{F}} \cdot W_{\text{СМ}} \cdot \text{Ц}_{\text{К}}.$$

Расходы на зарплату определяют как отношение суммы часовой тарифной ставки с учетом доплат механизатору и вспомогательным рабочим на часовую производительность:

$$C_{\text{ЗП}} = \frac{m_{\text{M}} e_{\text{M}} k_{\text{M}} + m_{\text{B}} e_{\text{B}} k_{\text{B}}}{W_{\text{СМ}}},$$

где e_{M} и e_{B} — часовые тарифные ставки соответственно механизатора и вспомогательных рабочих; k_{M} и k_{B} — коэффициенты, учитывающие соответствующие надбавки и доплаты.

Затраты на амортизацию, ремонт и техническое обслуживание определяют отдельно для тракторов, сцепок и сельскохозяйственных машин, входящих в состав агрегата:

$$C_{\text{АРТО}} = C_{\text{АРТО T}} + C_{\text{АРТО СЦ}} + C_{\text{АРТО M}}.$$

Затраты для каждой составной части агрегата подсчитывают по формуле:

$$\text{формуле} \\ C_{APTO} = \frac{1}{W_{CM}} \left(\frac{C_{BT} a_{APT}}{100 T_{GT}} + \frac{C_{BCI} a_{APCI}}{100 T_{GCI}} + \frac{C_{BM} a_{APM}}{100 T_{GM}} \right),$$

где C_{BT} , C_{BCI} и C_{BM} - балансовая цена трактора, сцепки и машины; a_{APT} , a_{APCI} и a_{APM} — суммарные нормы отчислений на амортизацию, ремонт и техническое обслуживание; T_{GT} , T_{GCI} и T_{GM} — нормативные годовые загрузки трактора, сцепки и машины.

Затраты денежных средств на гектар выполненной работы получают в результате деления часовых затрат $C_{Эч}$ на часовую производительность МТА W_{CM} :

$$C_{ЭФ} = C_{Эч} / W_{CM}.$$

Суммарные затраты денежных средств на гектар посевов при возделывании сельскохозяйственных культур подсчитывают как сумму затрат на каждую операцию:

$$C_{ЭСУМ} = C_{ЭФ1} + C_{ЭФ2} + \dots + C_{ЭФк}.$$

Для определения затрат на тонну полученной продукции необходимо суммарные затраты денежных средств, приходящиеся на гектар, разделить на урожайность:

$$C_{ЭУ} = C_{ЭСУМ} / U.$$

Приведенные затраты имеют важное значение для анализа эффективности применения новой техники и новой технологии в различных условиях эксплуатации. Они учитывают не только непосредственные (прямые) затраты, но и эффективность капитальных вложений. Приведенные затраты на единицу работы определяют и уравнения:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{э}} + E_{\text{н}} K_{\text{у}},$$

где $E_{\text{н}}$ — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (для сельскохозяйственной техники $E_{\text{н}} = 0,1$); $K_{\text{у}}$ - удельные капиталовложения.

Значение удельных капиталовложений подсчитывают по формуле:

$$K_{\text{у}} = \frac{1}{W_{\text{см}}} \left(\frac{Ц_{\text{БГ}}}{T_{\text{ГГ}}} + \frac{Ц_{\text{БСЦ}}}{T_{\text{ГСЦ}}} + \frac{Ц_{\text{БМ}}}{T_{\text{ГМ}}} \right).$$

Основной путь уменьшения эксплуатационных затрат — повышение сменной, сезонной и годовой наработки МТА за счет внедрения наиболее прогрессивных методов организации труда, рационального комплектования агрегатов, сокращения расходов на топливо и смазочные материалы, на ремонт машин, повышения уровня механизированных работ.

Контрольные вопросы

1. Классификация эксплуатационных затрат.
2. Затраты труда, пути их снижения.
3. Прямые эксплуатационные, приведенные затраты денежных средств, пути их снижения.

Тема 1.7 Основы технического нормирования механизированных работ

1. Понятие о техническом нормировании труда

Уровень производительности труда характеризуется количеством времени, затрачиваемого на выполнение данной работы. Затрата труда рабочего на изготовление продукции может быть выражена в виде норм выработки (количество продукции в единицу времени) или норм времени (время, затрачиваемое на выполнение определенной операции или изготовление единицы

продукции). Целью технического нормирования труда является установление норм времени, т. е. необходимых затрат времени на выполнение заданной работы, например, на изготовление модели, стержневого ящика и т. д.

Техническая норма времени — это количество времени, устанавливаемое на выполнение заданной работы при существующих условиях производства с расчетом рационального использования оборудования, инструмента, материала и самого труда.

Технической норму называют потому, что ее устанавливают не произвольно, а путем технического нормирования. В норму времени включают:

- подготовительно-заключительное время, которое тратится на ознакомление с работой, на подготовку рабочего места, инструмента, материала, на изучение чертежа и т. д.;
- штучное время (технологическое), необходимое для выполнения самой работы, и вспомогательное — на разметку и установку детали для обработки, обслуживание рабочего места и др.

На основании разряда и нормы времени назначают расценку. Кроме нормы времени и расценки, устанавливают также норму выработки (количественное задание). На основе норм времени и норм выработки определяют производственную возможность модельного цеха и устанавливают план по выпуску модельных комплектов.

2. Методы технического нормирования

В практике технического нормирования труда используются аналитический, опытно-статистический и физиологический методы.

С помощью аналитического метода устанавливаются научно обоснованные и оптимальные нормы труда, которые, как правило, являются прогрессивными.

На основе опытно-статистического метода (суммарного) устанавливаются опытно-статистические нормы, не являющиеся прогрессивными, но из-за простоты расчета, имеющие в практике широкое применение.

Аналитически-исследовательский метод нормирования труда применяется в массовом и крупносерийном производстве.

Основные этапы этого метода:

- Расчленение производственного процесса на операции;
- Изучение и анализ операций по составляющим элементам;
- Установление наиболее рационального порядка выполнения операций;
- Расчет норм на операцию на основе хронометражных наблюдений и фотографий рабочего дня;
- Внедрение технически обоснованных норм времени, норм выработки, норм обслуживания и др.

Аналитически-расчетный метод применяется в основном в единичном и мелкосерийном производстве. Расчет норм времени, норм выработки, норм обслуживания и т. д. производится при помощи аналитических формул или заранее разработанных, на данном предприятии, нормативов.

Статистическим методом нормы труда рассчитываются (устанавливаются) на основе анализа статистических данных за предыдущие периоды работы или у других работников.

При использовании опытного метода для расчета норм труда определяющим является собственный опыт нормировщика.

Метод аналогий предполагает при расчете норм рабочего времени учитывать его затраты по аналогичным операциям или работам.

Фотография рабочего дня (ФРД) — это процесс изучения и измерения всех без исключения затрат рабочего времени на протяжении смены или ее части. Применяется для расчета норм и нормативов подготовительно-заключительного времени (Тпз), времени на техническое обслуживание рабочего места (Ттех. обл.), времени на организационное обслуживание рабочего места (Торг. обл.), времени на отдых и личные надобности (Тотд.); изучения передового опыта работы с целью его распространения; выявления потерь рабочего времени в течение рабочего дня и определения резервов роста производительности труда. Разновидностями ФРД являются индивидуальные, групповые, бригадные и самофотографии; непрерывные и маршрутные, цифровые, графические, фотокиносъемки, социолограммы.

Хронометраж — это изучение операции путем наблюдения и измерения затрат рабочего времени на выполнение отдельных элементов, повторяющихся при изготовлении каждой единицы продукции, в целях определения норм на отдельные операции.

3. Паспортизация полей

Цель паспортизации – выявить показатели, влияющие на производительность тракторных агрегатов и расход топлива, определить тип, подтип и механический состав почв, класс длины гона, рельеф, каменистость и др. Для проведения паспортизации полей используют планы землепользования, почвенные карты, материалы по рельефу полей, почвенных и агрохозяйственных обследований.

Планы землепользования – это карты с нанесением границ полей севооборотов. На планах показаны размещение полей, их размеры и конфигурация, границы отдельных участков. Почвенные карты дают возможность установить для каждого поля и участка почвенную разность (тип, подтип, механический состав). При отсутствии таких карт механический состав почв и почвенную разность определяют по материалам агропочвенных и агрохозяйственных обследований. Карты полей с нанесёнными горизонталями позволяют определить рельеф местности, то есть средний угол склона полей. Рельеф местности можно определить также непосредственно в поле с помощью эклиметра. Для получения данных о каменистости, заболоченности и других особенностях полей используют также материалы агрохозяйственных обследований. Данные для паспортизации полей можно получить непосредственно в поле.

Паспортизацию полей проводят агрономы хозяйства, экономисты по труду и нормировщики. В этой работе участвуют также работники нормативно-исследовательских организаций. Результаты паспортизации документально оформляют в форме таблицы «Ведомость паспортизации полей». При этом в ведомость записывают данные на каждое поле севооборота, указывают наименование севооборота (полевой, кормовой, овощной), отделение (бригаду), хозяйство и район. Показатели паспорти-

зации определяются по каждому отделению, бригаде и в целом по хозяйству. Это необходимо для того, чтобы решить вопрос о степени дифференциации норм, применяемых в хозяйстве.

4. Рациональная технология и организация работ

Нормы выработки на МГТР для конкретных условий производства можно разработать при наличии данных о рабочей скорости движения агрегата, рабочей ширине захвата, времени основной работы в течение смены. Эти данные получают при помощи наблюдений за работой механизированного агрегата.

Наблюдения проводятся в типичных производственных условиях за работой исправного и укомплектованного в соответствии с агротехническими требованиями агрегата. Механизатор и обслуживающий персонал должны иметь необходимую квалификацию и опыт работы.

Для определения всех элементов затрат рабочего времени и выполнения необходимых замеров наблюдение за работой агрегата проводится полный рабочий день в трехкратной повторности. Затраты времени по элементам работ определяются по средним значениям.

Результаты наблюдения заносятся в наблюдательные листы, шифруются, сводятся в группы, составляется фактический баланс использования времени смены.

Контрольные вопросы

1. Понятие о технических нормах.
2. Назовите методы технического нормирования.
3. Цели проведения паспортизации полей.

Тема 1.8 Транспорт в сельском хозяйстве

1. Виды транспортных средств, применяемых в сельском хозяйстве

В сельскохозяйственном производстве используют все основные виды транспорта, включая автомобильный, трактор-

ный, гужевой, авиационный, железнодорожный, трубопроводный, канатный.

Основную часть грузов перевозят автомобильным (до 80 %) и тракторным (до 20...27 %) транспортом, поэтому далее более подробно рассматривают эти два вида транспорта.

Гужевой транспорт используют в небольшом количестве и в основном на внутриусадебных перевозках, включая подвоз кормов на фермах, перевозку молока и др.

Авиационный транспорт используют для подкормки растений и защиты посевов от болезней и вредителей, а также как санитарную авиацию. Однако применение авиации в сельском хозяйстве резко снижено из-за высокой стоимости работ.

Железнодорожным транспортом доставляют технику, удобрения и другие материалы, а также вывозят урожай в промышленные центры.

С помощью трубопроводного транспорта перемещают на небольшие расстояния корма, молоко, отходы животных, минеральные удобрения и другие материалы.

Канатно-воздушный транспорт преимущественно используют в горных районах, где отсутствуют дороги.

Автомобильный транспорт. Подвижной состав автомобильного транспорта в целом подразделяют на грузовой, специальный (для негрузовых перевозок, включая санитарные автомобили, агрегаты технического обслуживания, передвижные радиостанции, ремонтные мастерские и т. д.) и пассажирский. Основное внимание далее будет уделено грузовому автомобильному транспорту.

Грузовой транспорт. Грузовые автомобили классифицируют на автомобили общего назначения, специализированные и специальные.

Автомобили общего назначения имеют неопрокидывающуюся платформу и предназначены для перевозки всех видов грузов, за исключением жидких без тары, при наличии соответствующих погрузочных и разгрузочных средств.

Специализированные автомобили приспособлены для перевозки отдельных видов грузов с соответствующей конструкцией кузова, включая самосвалы, цистерны, специальные платформы и др.

Специальные автомобили предназначены для выполнения транспортно-технологических работ с помощью, установленного на них специального оборудования, включая автокраны, противопожарные машины и др.

Грузовые автомобили различают по грузоподъемности, типу кузова и двигателя, виду применяемого топлива и по проходимости.

Тракторный транспорт. Этот вид транспорта занимает в сельскохозяйственном производстве второе место по значимости, на его долю приходится 20...27 % перевозимых грузов.

Тракторный транспорт используют преимущественно на внутриусадебных и внутрихозяйственных перевозках в сложных дорожных условиях.

На транспортных работах применяют в основном колесные тракторы и самоходные шасси типа Т-16М, Т-25А, Т-40М(АМ), МТЗ-80(82) и другие модификации, а также Т-150К, К-701, которые заняты на этих работах более 50 % времени в году.

Гусеничные тракторы используют на транспортных работах только в условиях бездорожья и на короткие расстояния.

Тракторные прицепы в зависимости от назначения разделяют на универсальные и специальные, а по числу осей: на одно-, двух- и трехосные.

Наибольшее распространение получили одноосные тракторные прицепы типа 1-ПТС-2 и 1-ПТС-4 грузоподъемностью соответственно 2000 и 4000 кг, а также двухосные прицепы типа 2-ПТС-4-887Б (грузоподъемностью 4000 кг) и 2-ПТС-6-8526 — с грузоподъемностью 6000 кг. Прицепы грузоподъемностью 4000 и 6000 кг агрегируют в основном с тракторами типа МТЗ-80.

Полунавесной двухосный прицеп ММЗ-771Б грузоподъемностью 9000 кг агрегируют с тракторами типа Т-150К и К-701, а трехосные прицепы 3-ПТС-12Б грузоподъемностью 12000 кг — с трактором типа К-701. Все тракторные прицепы оборудованы гидроподъемниками для разгрузки.

2. Классификация перевозок

Сельскохозяйственные перевозки в зависимости от назначения, расстояния и технологии перемещения грузов под-

разделяют на три вида: внутриусадебные, внутривозвездные и вневозвездные.

Внутриусадебные перевозки осуществляют на расстояние до 3 км в пределах усадьбы (бригады, отделения, фермы и т. д.), включая перевозку кормов со складов на скотные дворы, перемещение навоза со скотных дворов в навозохранилище и т. д. На внутриусадебных перевозках используют тракторы небольшой мощности типа Т-25А, Т-40АМ соответственно с одноосными прицепами типа 1-ПТС-2 и 1-ПТС-4, самоходные тележки, гужевой транспорт, а также различные транспортеры и трубопроводы.

Внутривозвездные перевозки выполняют на расстояние 3...20 км в пределах всего хозяйства (колхоза, совхоза, акционерного общества, крупного фермерского хозяйства и др.), для перевозки на поля навоза, семян и удобрений, доставки с полей к местам хранения урожая и т. д. Часто такие перевозки выполняют в сложных дорожных условиях, используя преимущественно тракторный и гужевой транспорт, а также автомобили повышенной проходимости.

При обслуживании посевных и уборочных агрегатов частью внутривозвездных перевозок является процесс технологического обслуживания МТА. Такие перевозки называют также технологическими. Внутривозвездные перевозки в сельском хозяйстве являются основными, так как на их долю приходится до 60 % общего объема транспортных работ.

Вневозвездные (внешние) перевозки связаны с перевозкой грузов за пределы хозяйства на расстояние до 100 км: перевозка урожая к местам переработки (зерна на элеваторы, льна-долгунца и сахарной свеклы на перерабатывающие заводы и т. д.), доставка в хозяйство различных грузов (минеральных удобрений и химикатов, нефтепродуктов, строительных материалов и др.).

Такие перевозки осуществляют в основном автомобильным транспортом повышенной грузоподъемности. Частично могут быть использованы также колесные скоростные тракторы повышенной мощности типа Т-150К и К-701. Высокоэффективные транспортные средства для каждого вида перевозок выбирают рассматриваемыми далее методами.

3. Классификация сельскохозяйственных грузов

Сельскохозяйственные грузы насчитывают более ста наименований и классифицируют их по физико-механическим свойствам; по степени или коэффициенту использования грузоподъемности транспортных средств; по способу погрузки и разгрузки; по срочности и периодичности перевозок; по массовости и условиям перевозок.

По физико-механическим свойствам грузы разделяют на твердые, жидкие и газообразные.

Твердые грузы, в свою очередь, подразделяют по способу погрузки и разгрузки: навалочные, перевозимые навалом без упаковки (овощи, дрова, каменный уголь и др.), сыпучие или насыпные, перевозимые насыпью (зерно, песок и др.).

К жидким, или наливным, грузам относят воду, молоко, жидкие нефтепродукты, аммиачную воду и другие, для перевозки которых требуются специальная тара или цистерны.

Основными газообразными грузами являются кислород, бытовой газ и другие газы, перевозимые в специальных баллонах под большим давлением.

По степени или коэффициенту использования грузоподъемности транспортных средств все сельскохозяйственные грузы делят на пять классов, которые приведены в таблице.

Класс груза	Расчетная степень использования грузоподъемности транспортных средств	
	Пределы изменения	Среднее значение
1	1,00	1,00
2	0,99...0,71	0,85
3	0,70...0,51	0,60
4	0,50...0,41	0,45
5	0,40...0,30	0,35

Класс груза зависит от его плотности, т/см³, массы данного груза, содержащейся в одном кубическом метре. Чем больше плотность, тем соответственно больше степень использования грузоподъемности транспортных средств.

Плотность сельскохозяйственных грузов изменяется в широком диапазоне [от 120кг/м³ (полова) до 1800 кг/м³ (камен-

ный уголь)], что создает дополнительные трудности при организации перевозок.

Конкретные численные значения плотности и классов всех основных сельскохозяйственных грузов приведены в справочной литературе. Грузы с плотностью более 600 кг/м³ без упаковки примерно относятся к грузам первого класса.

По способу погрузки-разгрузки, как было указано ранее, грузы подразделяют: на сыпучие и навалочные, которые можно перевозить без тары, а грузить и выгружать сбросом; наливные; штучные; тарные и бестарные. Основную часть сельскохозяйственных грузов (до 70 %) составляют насыпные и навалочные.

По срочности и продолжительности перевозок различают срочные грузы, перевезти которые необходимо в сжатые сроки, определяемые агротехническими сроками, и несрочные грузы, перевозить которые можно в течение более длительного периода. К первой группе относят урожай большинства сельскохозяйственных культур и скоропортящуюся продукцию животноводства, включая молоко, мясо и др. К аварийным относятся грузы, перевозимые при стихийных бедствиях (пожар, прорыв плотины и др.).

По массовости грузы делят на массовые и мелкопартионные. К массовым относят грузы, перевозимые крупными партиями в течение длительного периода (зерно, сахарная свекла, кукуруза в початках и др.).

Мелкопартионные грузы перевозят небольшими партиями, включая отвоз молока после каждого удоя.

По условиям перевозок различают обычные и скоропортящиеся грузы. Обычные грузы не требуют специальных транспортных средств. Для перевозки скоропортящихся грузов с соблюдением особых условий требуются специализированные транспортные средства (скотовозы, птицевозы и др.).

Возможна и другая классификация грузов: по опасности при погрузке, разгрузке и перевозке — малоопасные и опасные; по размерам — габаритные, крупногабаритные, негабаритные.

Габаритные грузы свободно размещают в стандартном кузове соответствующего транспортного средства. Крупногабаритные грузы выступают за задний борт или край платформы на определенное допустимое правилами движения расстояние.

4. Классификация дорог

Различают классификацию автомобильных дорог и классификацию, используемую при нормировании тракторных транспортных работ.

Классификация автомобильных дорог. Существует два вида классификации автомобильных дорог — государственная и техническая.

По государственной классификации дороги подразделяют по ведомственной подчиненности, включая общегосударственные, республиканские, областные, районные, курортные и ведомственные.

Техническая классификация автомобильных дорог осуществляется по назначению и интенсивности движения транспортных средств. По этой классификации имеется пять технических категорий дорог:

категории I, II — дороги общегосударственного значения при интенсивности движения 6 тыс/сут автомобилей на дорогах первой категории и 3...6 тыс/сут на дорогах второй категории;

категория III — дороги республиканского и областного значения при интенсивности движения 1...3 тыс/сут автомобилей;

категория IV, V — дороги местного значения с интенсивностью движения соответственно 0,2... 1 тыс/сут автомобилей и менее 0,2 тыс/сут.

К дорогам местного значения относят те, по которым выполняют внутрихозяйственные и внехозяйственные перевозки. Дороги для внехозяйственных перевозок соединяют хозяйственные центры с существующей сетью автомобильных дорог. Внутрихозяйственные дороги располагают на территории самого хозяйства.

Классификация сельскохозяйственных дорог при нормировании тракторных транспортных работ. Дороги в данном случае подразделяют на три группы:

первая — обычные грунтовые дороги, сухие в хорошем состоянии, снежные укатанные дороги и дороги с твердым покрытием (асфальтные и гравийные);

вторая — гравийные и щебенчатые (разбитые), грунтовые и проселочные после дождя (мокрые), слегка оттаивающие

после оттепелей, с рыхлым снежным покровом, стерня зерновых, поле после корнеклубнеплодов в сухую погоду;

третья — разбитые дороги с глубокой колеей, оттаивающая или просыхающая снежная целина (при перевозке санями), бездорожье в весеннюю или осеннюю распутицу.

5. Виды маршрутов движения транспортных средств

Маршрутом движения называют путь следования транспортного средства при перевозке груза. Различают три вида маршрутов: маятниковые, радиальные и кольцевые.

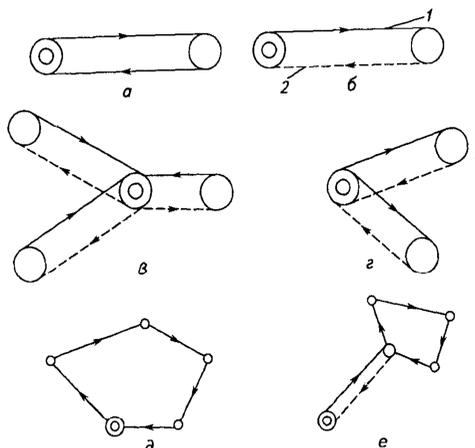


Рис. 7.1. Виды маршрутов:

a и *б* — маятниковые с обратным груженым и холостым пробегами; *1* — движение с грузом; *2* — движение без груза; *в* и *г* — радиальный собирательный и распределительный; *д* и *е* — кольцевые обычный и комбинированный

Маятниковым называют такой маршрут, при котором транспортные средства движутся по одной и той же трассе, как в прямом, так и в обратном направлении. Обратное движение возможно как с грузом, так и без него. Чаще в условиях сельскохозяйственного производства обратное движение происходит без груза.

Радиальным называют маршрут, при котором груз перевозят из одного пункта в другие в разных направлениях и наоборот. Первый вариант радиального маршрута используют

при доставке удобрений из мест хранения на различные поля, второй — при доставке урожая с разных участков к месту хранения или обработки.

Кольцевым называют маршрут, при котором движение транспортных средств между несколькими пунктами происходит по замкнутому контуру.

Такие маршруты характерны при обслуживании нескольких агрегатов одним заправщиком топлива, семян и так далее. Кольцевой комбинированный включает также элемент маятникового маршрута с обратным холостым ходом.

6. Показатели использования транспортных средств

Эффективность использования транспортных средств в сельском хозяйстве оценивают следующими основными показателями: использования грузоподъемности; использования пробега; использования времени; использования всего парка транспортных средств; использования скорости движения.

Использование грузоподъемности. Полноту или степень использования грузоподъемности транспортных средств оценивают статическим и динамическим коэффициентами использования грузоподъемности.

Статический коэффициент использования грузоподъемности:

$$K_{\Gamma} = \frac{\sum_{i=1}^{n_p} Q_{\Gamma i}}{Q_{\Gamma.н} n_p},$$

где $Q_{\Gamma i}$ — масса груза, перевозимая при каждом i -м рейсе, т; $Q_{\Gamma.н}$ — номинальная грузоподъемность транспортного средства; n_p — число рейсов.

Динамический коэффициент использования грузоподъемности дополнительно учитывает также расстояние перевозки:

$$K_{\Gamma.д} = \sum_{i=1}^{n_p} Q_{\Gamma i} l_{\Gamma i} / \left(Q_{\Gamma.н} \sum_{i=1}^{n_p} l_{\Gamma i} \right),$$

где $l_{\Gamma i}$ — расстояние перевозки при i -м рейсе, км.

Использование пробега. Пробеговые показатели транспортных средств оценивают средними значениями расстояния груженой ездки l_{Γ} и коэффициента использования пробега φ_{Γ} , которые рассчитывают по формулам:

$$l_{\Gamma} = \left(\sum_{i=1}^{n_p} l_{\Gamma i} \right) / n_p,$$

$$\varphi_{\Gamma} = l_{\Gamma\Sigma} / l_{\Sigma} = l_{\Gamma\Sigma} / (l_{\Gamma\Sigma} + l_{\chi\Sigma}),$$

где $l_{\Gamma\Sigma}$, $l_{\chi\Sigma}$ — общий пробег транспортного средства соответственно с грузами и без него за рассматриваемый период.

Значение φ_{Γ} в зависимости от решаемой задачи можно определить как для отдельного транспортного агрегата, так и для всего парка транспортных средств.

Использование времени. При оценке использования времени транспортными средствами в зависимости от решаемых задач применяют несколько показателей. Один из основных показателей — *коэффициент использования времени смены для движения отдельным агрегатом*:

$$\tau_{д} = T_{д} / T_{см},$$

где $T_{д}$ — время движения за смену.

Другой важнейший показатель — *коэффициент использования времени смены для полезной работы*:

$$\tau_{\Gamma} = T_{\Gamma} / T_{\text{см}},$$

где T_{Γ} — время движения с грузом за смену.

Эффективность работы всего парка транспортных средств оценивают *коэффициентом выпуска подвижного состава на линию*:

$$\alpha_{\text{в}} = D_{\text{э}} / n_{\text{т.п}} D_{\text{к}},$$

где $D_{\text{э}}$ - общее число машино-дней выпуска транспортных средств на линию за определенный период; $n_{\text{т.п}}$ - общее число транспортных средств в парке; $D_{\text{к}}$ - число календарных дней за тот же период.

Уровень технической готовности парка. Оценивают его *общим коэффициентом технической готовности*:

$$\alpha_{\text{т}} = D_{\text{и}} / n_{\text{т.п}} D_{\text{к}},$$

где $D_{\text{и}}$ — число машино-дней пребывания транспортных средств в исправном состоянии за рассматриваемый период.

При оперативной оценке технического состояния машин используют также *коэффициент технической готовности парка транспортных средств на данный момент*:

$$\alpha_{\text{т.м}} = n_{\text{т.и}} / n_{\text{т.п}},$$

где $n_{\text{т.и}}$ - число исправных транспортных средств в момент проверки.

Использование скорости транспортных средств. Оценивают ее средней технической $V_{\text{т}}$ и эксплуатационной $V_{\text{э}}$ скоростями, которые вычисляют по формулам:

$$v_T = (l_{\Gamma\Sigma} + l_{\chi\Sigma}) / (T_{\Gamma\Sigma} + T_{\chi\Sigma});$$

$$v_{\Xi} = (l_{\Gamma\Sigma} + l_{\chi\Sigma}) / (T_{\Gamma\Sigma} + T_{\chi\Sigma} + T_{\Pi\Sigma}),$$

где $T_{\Gamma\Sigma}$, $T_{\chi\Sigma}$, $T_{\Pi\Sigma}$ - общее время движения с грузом, без груза и время простоев (погрузка, разгрузка, устранение отказов и др.).

$$\alpha_{vT} = v_{\Xi} / v_T.$$

7. Определение потребности в транспортных средствах

Требуемое число транспортных средств данного вида для перевозки груза с общей массой $Q_{\Gamma\chi}$ на расстояние l_{Γ} определяется по формуле:

$$n_{\Gamma,\alpha} = Q_{\Gamma\Sigma} l_{\Gamma} / (D_k \alpha_k W_{\Gamma} T_d) = Q_{\Gamma\Sigma} / (D_k \alpha_k W_{\Gamma,T} T_d),$$

где $Q_{\Gamma\Sigma}$ — масса груза, подлежащего перевозке, т; D_k — календарные сроки выполнения работы, сут; α_k — коэффициент использования календарного времени; T_d — продолжительность рабочего дня, ч.

Коэффициент α_k показывает, какая часть отведенных календарных дней может быть использована для работы транспорта с учетом выходных, праздничных дней, погодных условий и т.д. При этом $D_p = D_k \alpha_k$ соответствует числу рабочих дней.

При отсутствии более точных данных усредненно можно принять $\alpha_k = 0,90$. Массу технологического груза для соответствующих полевых работ (внесение удобрений, посев и посадка сельскохозяйственных культур, уборка урожая и др.) определяют по формуле:

$$Q_{\Gamma\Sigma} = F_n U,$$

где F_n — площадь соответствующего поля, га; U — доза внесения удобрений, или норма посева, или урожайность, т/га.

При технологическом обслуживании посевных, уборочных и других агрегатов требуемое число транспортных средств упрощенно можно вычислить, разделив общую производительность всех обслуживаемых агрегатов (т/ч) на соответствующую

производительность транспортного агрегата (т/ч). Желательно при этом, чтобы вместимость кузова транспортного средства была равной или кратной вместимости бункера соответствующего технологического агрегата.

8. Механизация погрузочно-разгрузочных работ

Классификация погрузочно-разгрузочных средств. Показатели использования транспортных средств в значительной степени зависят от уровня механизации погрузочно-разгрузочных работ.

Погрузочно-разгрузочные средства классифицируют по мобильности (подвижности) и по принципу действия.

По мобильности погрузочно-разгрузочные средства подразделяют на стационарные, полустационарные и мобильные.

Стационарные погрузочно-разгрузочные средства закреплены на фундаменте или каким-то другим способом и в процессе работы их рамы не могут перемещаться.

Полустационарные средства типа ленточных транспортеров на зернотоках могут периодически перемещаться, для чего они снабжены неприводными ходовыми колесами.

Мобильные погрузочно-разгрузочные средства типа автокранов, экскаваторов и т. д. имеют ходовую часть с приводом от двигателя и перемещаются самостоятельно на требуемое расстояние.

По принципу действия различают погрузочно-разгрузочные средства циклического и непрерывного действия. При циклическом принципе работы (экскаваторы, автокраны и др.) грузят и разгружают груз отдельными порциями или штуками (твердый, крупногабаритный грузы).

Погрузочно-разгрузочные средства непрерывного действия имеют непрерывно движущиеся гибкие рабочие органы типа ленточных транспортеров, перемещающие груз непрерывным потоком.

Рассмотренные типы погрузочно-разгрузочных средств могут быть как универсальными (для нескольких видов грузов), так и специальными (для отдельного вида груза) — зернопогрузчик, свеклопогрузчик и т. д.

Производительность погрузочно-разгрузочных средств. Техническая производительность всех погрузочно-разгрузочных средств циклического действия, т/ч:

$$W_{\text{пр.ц}} = 3,6 Q_{\text{г.ц}} / t_{\text{ц}},$$

где $Q_{\text{г.ц}}$ — масса груза, погружаемого (разгружаемого) за один цикл, кг; $t_{\text{ц}}$ — продолжительность одного цикла, с.

Усредненное значение $Q_{\text{г.ц}}$ можно рассчитать по формуле

$$Q_{\text{г.ц}} = \Omega_{\text{к}} K_{\text{в}} \rho,$$

где $\Omega_{\text{к}}$ — вместимость рабочего органа, например ковша, м^3 ; $K_{\text{в}}$ — коэффициент наполнения (использования вместимости); ρ — плотность (насыпная) груза, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Техническая производительность, т/ч, любых погрузочно-разгрузочных средств непрерывного действия

$$W_{\text{пр.н}} = 3,6 q_{\text{п}} v_{\text{л}},$$

где $q_{\text{п}}$ — масса груза на длине 1 м рабочего органа (транспортера), $\text{кг}/\text{м}$; $v_{\text{л}}$ — линейная скорость рабочего органа (транспортера), $\text{м}/\text{с}$.

Численные значения $q_{\text{п}}$ и $v_{\text{л}}$ приводятся в технической характеристике каждой машины или их можно определить непосредственно в условиях работы.

Взаимосвязанное число погрузочно-разгрузочных $n_{\text{п-р}}$ и обслуживаемых транспортных средств $n_{\text{т}}$ определяю формуле:

$$n_{\text{п-р}} W_{\text{п-р}} = n_{\text{т}} W_{\text{г.т.}}$$

При $n_{\text{п-р}} = 1$ получим требуемое число транспортных средств для бесперебойного обслуживания одного погрузчика (разгрузчика) или поста

$$n_{\text{т}} = W_{\text{п-р}} / W_{\text{г.т.}}$$

Пропускная способность одного поста по числу обслуживаемых за 1 ч транспортных средств

$$n_{\text{т1}} = 1/t_{\text{п-р}} = W_{\text{п-р}} / Q_{\text{г.н}} K_{\text{г}},$$

где $t_{\text{п-р}}$ — продолжительность одной погрузки или разгрузки, ч.

При этом транспортные средства должны прибывать на пост с интервалами

$$t_{\text{ин1}} = 1/n_{\text{т1}} = Q_{\text{г.н}} K_{\text{г}} / W_{\text{п-р}}.$$

Если на пункте погрузки (разгрузки) имеется $n_{\text{п}}$ постов, то пропускная способность всего пункта $n_{\text{т.п}}$ и интервалы прибытия транспортных средств на пункт $t_{\text{ин.п}}$

$$n_{\text{т.п}} = n_{\text{п}} W_{\text{п-р}} / Q_{\text{г.н}} K_{\text{г}},$$

$$t_{\text{ин.п}} = Q_{\text{г.н}} K_{\text{г}} / n_{\text{п}} W_{\text{п-р}}.$$

Полученные зависимости позволяют обеспечить эффективную взаимосвязанную работу транспортных и погрузочно-разгрузочных средств. При уточненных расчетах следует учитывать также случайные (вероятностные) изменения действующих факторов (дорожные условия, условия разгрузки и погрузки, изменчивость скорости и т. д.).

Контрольные вопросы

1. Какие виды транспортных средств, применяются в сельском хозяйстве?
2. Классификация перевозок, грузов и дорог.
3. Какие виды маршрутов движения транспортных средств существуют?
4. Как определяется производительность транспортных средств?
5. Перечислите пути повышения производительности транспортных средств.
6. Как осуществляется планирование грузоперевозок?

Список литературы

Основные источники:

1. Левшин А.Г., Шпилько А.В., Зангиев А.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка – М.: КолосС, 2007. **ISBN: 978-5-9532-0555-9.**
2. Зангиев А.А., Шпилько А.В., Левшин А.Г., Эксплуатация машинно-тракторного парка – М.: КолосС, 2003.
3. Верещагин Н.М. и др. Организация и технология механизированных работ в растениеводстве. – М.: ОАО Издательский центр «Академия», 2003.
4. Скороходов А.Н., Зангиев А.А. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка. – М.: КолосС, 2006. **ISBN: 595 320 3055.**
5. Пестис В.К. и др. Основы энергосбережения в сельскохозяйственном производстве. – Минск: «ИВЦ Минфина», 2007.
6. Кузьмин В.Н. и др. Нормативно-справочные материалы по планированию механизированных работ в сельскохозяйственном производстве. Сборник – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008.

Дополнительные источники:

1. Севернев М.М. Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве – М.: Колос, 1992.
2. Ториков В.Е., Белоус Н.М. Озимые зерновые культуры – ФГБОУ ВПО «Брянская ГСХА», 2010.
3. Ожерельев В.Н. Современные зерноуборочные комбайны – М.: Колос, 2009.
4. Нуйкин А.А. и др. Машины для заготовки кормов. Части 1,2. – Пенза: АПО «ПензаАгротехсервис», 2005.
5. Туболев С.С. и др. Машинные технологии и техника для производства картофеля – М.: Агроспас, 2010. **ISBN: 978-5-904610-05-0.**
6. Ковалев Н.В. Практикум по технологии механизированных сельскохозяйственных работ. М.: ВО «Агропромиздат», 1987.
7. Правила по охране труда при производстве продукции растениеводства. ПОТРО -97300-01-95 – Орел: ВНИИОТ, 1995.
8. Белоус Н.М. и др. Эффективность технологий возделывания сельскохозяйственных культур в севооборотах юго-запада Нечерноземной зоны России – ФГОУ ВПО «Брянская ГСХА», 2002.

9. Шило И.Н. Эксплуатация сельскохозяйственной техники. Практикум. – Минск: Беларусь, 2002.
10. Фортуна В.И., Миронюк С.К. Технология механизированных сельскохозяйственных работ – М.: Агропромиздат, 1986.
11. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» - Новосибирск: Сиб.унив.изд-во, 2008. **ISBN: 978-5-379-00800-0.**
12. Типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые работы в сельском хозяйстве. Т. 1.2 – М.: Агропромиздат, 1990. **ISBN: 5-10-002108-X.**
13. Типовые нормы выработки и расхода топлива на тракторные транспортные работы в сельскохозяйственном производстве. – М.: Агропромиздат, 1989. **ISBN: 5-10-002109-X.**
14. Ковалев Н.В. Конспекты по темам дисциплины «Эксплуатация сельскохозяйственной техники» - Новозыбков, 2009.
15. Ковалев Н.В. Методические рекомендации к курсовому проектированию по дисциплине «Эксплуатация МТП» - Новозыбков, 2010.

Интернет ресурсы:

1. <http://www.mrsu.ru>
2. <http://www.techno.stack.net>
3. <http://www.lib.umi.com/dissertations>
4. <http://www.csrs.ru/gost/gost.htm>
5. <http://www.vniiki.ru>
6. <http://www.uspto.gov>
7. <http://www.aeer.cctpu.edu.ru>
8. <http://www.inauka.ru>
9. <http://www.tractor.ru>
10. <http://wwwtractors.com.by>
11. <http://www.chtz-uraltrac.ru>

Учебное издание

Коновалов Ю.В.

Комплектование машинно-тракторных агрегатов
для выполнения сельскохозяйственных работ

учебное пособие

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 17.11.2015 г. Формат 60x84 1/16
Бумага печатная. Усл. п.л. 5,58. Тираж 25 экз. Изд. № 3869.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ