

рости плуга на 1 км/ч вызывает прирост на 3...5 % тягового сопротивления.

2.10. 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 которым можно присоединить рабочие машины при удовлетворении предъявляемых агротехнических и других требований. Фронт сцепки в зависимости от возможного числа присоединяемых машин n_M :

$$\Phi_c = (n_M - 1) \nu_M. \quad (2.57)$$

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, с учетом формулы (2.53)

$$R_c = 10^{-3} m_c g (f_c \cos \alpha \pm \sin \alpha), \quad (2.58)$$

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

При эксплуатационных расчетах, как видно из формулы (2.53), 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. Какими основными эксплуатационными свойствами характеризуются машины и агрегаты? 2. Чем характеризуется степень загрузки двигателя и от чего она зависит? 3. Из каких составляющих складывается баланс мощности трактора? 4. Как добиться, чтобы тяговая мощность и тяговый КПД трактора были наибольшими? 5. Какие силы действуют на трактор при движении в составе агрегата? 6. Как добиться, чтобы трактор работал в зоне достаточного сцепления? 7. Какими способами можно улучшить сцепные свойства трактора? 8. Чем отличаются тяговые балансы трактора при установившемся и неустановившемся движениях? 9. По какому показателю определяют тяговый класс трактора? 10. Как устанавливают зону практических расчетов на тяговой характеристике трактора? 11. От каких основных факторов зависит тяговое сопротивление рабочей машины? Какими способами можно уменьшить тяговое сопротивление машин? 12. Какими показателями характеризуется неравномерность тягового сопротивления машин? 13. Чем характеризуются эксплуатационные свойства сцепок? 14. Как определяют требуемый фронт сцепки?

Глава 3

ОСНОВЫ РАЦИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКТОВАНИЯ МТА

3.1. 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.

3.2. ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АГРЕГАТОВ

Под режимом работы МТА подразумевают такое сочетание правил и ограничений, при которых обеспечивается выполнение работы в соответствии с ранее изложенными требованиями — режим загрузки двигателя, скоростной режим агрегата, режим допустимого буксования. Одно из основных условий высокопроизводительной и экономичной работы МТА — полное эффективное использование мощности двигателя, характеризуемое коэффициентом загрузки ϵ_N , в соответствии с формулой (2.7). Рациональное значение ϵ_N , как указывалось ранее, зависит от конструктивных особенностей самого двигателя, а также от вида выполняемой работы. Значение ϵ_N выбирают по имеющимся нормативным, справочным данным и данным таблицы 1.2. Желаемой загрузки двигателя достигают за счет изменения числа машин, а также скорости движения в процессе рабочего хода агрегата. Плавно изменить скорость трактора при рабочем ходе возможно на тракторах с бесступенчатыми трансмиссиями (ДТ-175С) и с переключением передач без разрыва потока мощности (Т-150, Т-150К, К-701).

На тракторах, оборудованных тахоспидометрами, оперативно контролировать степень загрузки двигателя может тракторист по частоте вращения вала двигателя [см. формулу (2.7)]. Более эффективен автоматизированный выбор степени загрузки двигателя в процессе рабочего хода агрегата, однако такие устройства на отечественных тракторах пока не устанавливаются.

Если за счет изменения числа машин и рабочей скорости ра-

циональная загрузка двигателя невозможна, то для экономии топлива следует переходить на соответствующий частичный режим работы, уменьшая подачу топлива.

Скоростные режимы. В процессе работы МТА имеют место два скоростных режима — рабочая скорость движения и скорость холостого хода на поворотах и переездах при выключенных рабочих органах. Основным из этих режимов является рабочая скорость, изменение которой зависит прежде всего от качества выполнения технологического процесса в соответствии с агротехническими требованиями. Рекомендуемые диапазоны изменения рабочих скоростей для основных видов полевых работ приведены далее.

<i>Вид работы</i>	<i>Скорость, км/ч</i>
Вспашка плугами:	
обычными	4,5...8,0
скоростными	8,0...12,0
Боронование боронами:	
зубовыми	5,0...12,0
игольчатыми	7,0...9,0
Шлейфование	5,0...7,0
Лущение дисковыми лущильниками	6,0...11,0
Обработка почвы:	
плоскорезами-глубококорыхлителями	6,0...10,0
культиваторами-плоскорезами	6,0...12,0
Сплошная культивация:	
плоскорезущими культиваторами	6,0...12,0
пружинными лапами	6,0...7,0
Прикатывание	6,0...12,0
Посев:	
зерновых и зернобобовых культур	6,0...10,0
кукурузы (пунктирный)	5,0...11,0
сахарной свеклы	5,0...8,5
Внесение удобрений туковыми сеялками	6,0...12,0
Посадка картофеля (рядовая)	6,0...9,0
Прореживание всходов сахарной свеклы	4,0...9,0
Окучивание картофеля	4,9...9,0
Уборка кукурузы комбайном:	
на зерно	4,0...9,0
на силос	4,0...12,0
сахарной свеклы	3,0...10,0
картофеля	2,0...6,0

Кроме приведенных обобщенных данных для каждой отдельной марки машины приводятся более точные диапазоны скоростей, полученные в процессе испытаний. Любые изменения рабочих скоростей движения МТА, включая оперативное маневрирование при рабочем ходе, возможны только в пределах, определяемых агротехническими

требованиями. Обычно исходную рабочую скорость в заданных пределах устанавливают совместно с шириной захвата, как показано далее при расчете МТА. Скоростной режим МТА при холостом ходе ограничивается в основном требованиями безопасности и надежности. Вследствие сравнительно малой продолжительности большинства холостых поворотов МТА соответствующая скорость движения часто близка к рабочей.

Режим допустимого буксования — одно из основных агротехнических требований соблюдения допустимых границ буксования: 0,05 — для гусеничных тракторов; 0,15 — для колесных тракторов 4К4; до 0,18 — для колесных тракторов 4К2. Комплектование МТА и выбор скоростного режима осуществляют в пределах допустимого буксования. Повышенное буксование движителей трактора приводит к разрушению структурных частиц почвы с последующим развитием процессов ветровой и водной эрозий.

3.3. АГРЕГАТИРОВАНИЕ ПРИЦЕПНЫХ, ПОЛУНАВЕСНЫХ И НАВЕСНЫХ МАШИН

Под агрегатированием подразумевают соединение рабочих машин и сцепки с трактором для образования МТА, отвечающего изложенным требованиям. При этом различают агрегатирование навесных, полунавесных и прицепных машин.

Агрегатирование навесных и полунавесных машин с трактором осуществляют с помощью навесного механизма, поднимаемого и опускаемого гидроцилиндром. Полунавесные машины отличаются лишь наличием опорных колес, которые чаще используют при рабочем ходе агрегата.

Наиболее распространенные схемы агрегатирования навесных и полунавесных машин с трактором показаны на рисунке 3.1. Естественно, что в пределах отдельных схем имеют место дополнительные варианты соединения навесных и полунавесных машин с трактором. Например, на схемах (*е*, *ж*) сами боковые брусья могут также иметь опорные колеса. Наибольшее распространение получили трехзвенные навесные механизмы (две продольные и одна центральная тяга), которые на некоторых тракторах могут перестраиваться и на двухточечную схему. Такое перестроение на двухточечную схему путем совмещения передних концов продольных тяг применяют на тракторах общего назначения ДТ-75М, Т-150, Т-150К, ДТ-175С для агрегатирования с плугом. Двухточечная схема присоединения обеспечивает большую подвижность трактора относительно плуга, исключая опасные перегрузки в звеньях навесного механизма. При агрегатировании трактора с навесными и полунавесными машинами уменьшаются затраты труда (не требуется прицепщик), при меньшей массе обеспечивается высокая маневренность и существенно уменьшаются непроизводительные

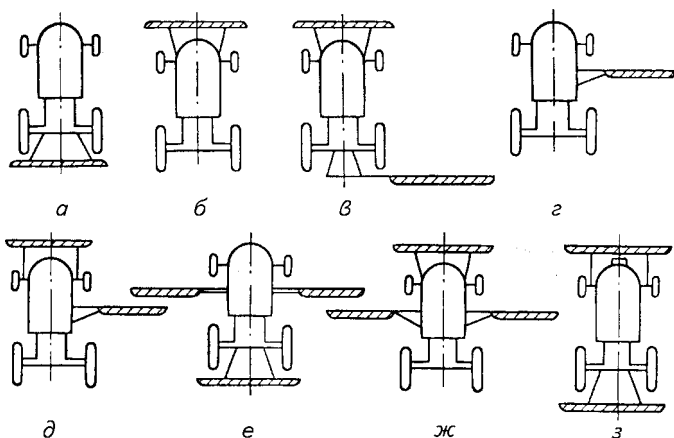


Рис. 3.1. Основные схемы агрегатирования навесных машин с трактором:

a — заднее; *б* — переднее; *в* — переднее и заднее боковое; *г* — боковое срединное; *д* — переднее и боковое срединное; *е* — заднее и две боковые срединные; *ж* — переднее и две боковые срединные; *з* — переднее и заднее

потери времени смены на холостые повороты и переезды. Однако при этом число навешиваемых машин ограничено (обычно до трех), поэтому часто полная загрузка двигателя трактора на малоэнергоёмких работах невозможна. Более эффективными с этой точки зрения с учетом конкретных условий работы могут оказаться прицепные машины, особенно с мощными тракторами типа К-701.

Агрегатирование прицепных машин с трактором осуществляют с помощью различных присоединительных устройств, включая прицепную скобу с серьгой, тяговый крюк, в том числе гидрофицированный, и т. д. При двух и большем числе машин используют различные виды сцепок. Наиболее распространенные схемы агрегатирования прицепных машин с трактором показаны на рисунке 3.2. Основные недостатки прицепных агрегатов: необходимость прицепщика для отдельных типов агрегатов, большая масса и невысокая маневренность, вследствие чего существенно возрастают потери времени смены на холостые повороты и переезды. Поэтому наблюдается процесс перехода от прицепных к навесным и полунавесным машинам. Кроме непосредственного присоединения навесных и прицепных машин к трактору агрегатирование предусматривает также проведение соответствующих настроечных и регулировочных операций, выполняемых в составе агрегата (обеспечение горизонтальности рамы машины, устранение «бочения» плуга и др.).

3.4. СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛА МАШИН

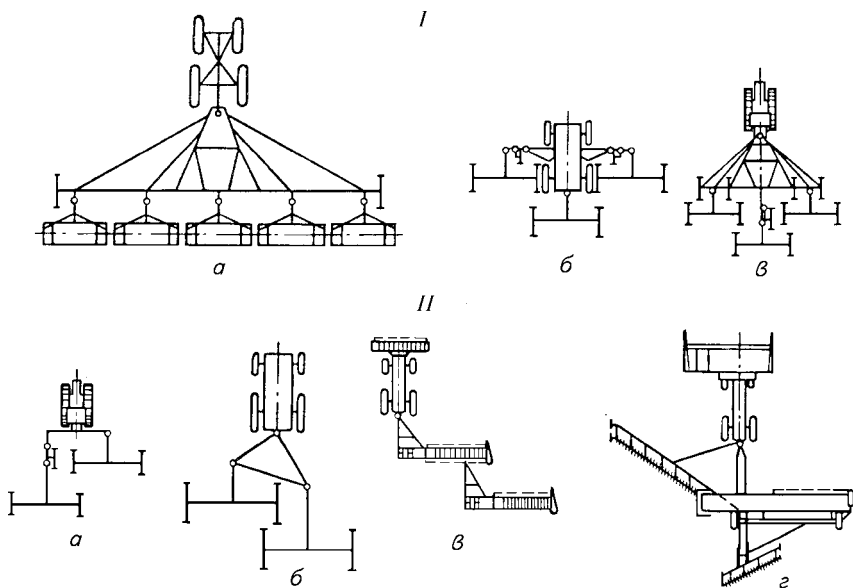


Рис. 3.2. Основные схемы агрегатирования прицепных машин с трактором:

I — с использованием универсальных сцепок: *а* — фронтальных; *б* — шахматных навесных; *в* — шахматных прицепных; *II* — с использованием специальных сцепок: *а* — навесных для двух орудий; *б* — прицепных бесколесных для двух орудий; *в* — для жаток при асимметричном расположении; *г* — для жатвенно-лушильного агрегата

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 агротехнически допустимых скоростей (см. табл. 2.2) 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 $P_{крнi}$ определяют число рабочих машин, обеспечивающих рациональную загрузку трактора и двигателя.

4. В соответствии с формулой (2.57) 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), графо-аналитический и графический.

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

Графо-аналитический 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 графо-аналитического 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.

Инженерно-технические работники хозяйств и отдельные фермеры должны иметь знания в области агрегатирования, так как возможные ошибки могут привести к большим потерям производительности и ресурсов. Это особенно недопустимо в современных условиях рыночной экономики, так как увеличение себестоимости работ, выполняемых МТА, приводит к увеличению стоимости сельскохозяйственной продукции и потере ее конкурентоспособности. В условиях фермерских хозяйств число работников, марок тракторов и рабочих машин ограничено, а площади полей и общие объемы работ сравнительно небольшие.

3.5. 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. В качестве таких затрат, как будет показано далее, наиболее часто используют приведенные затраты в расчете на 1 га обработанной площади (р/га).

Обычно на долю трактора приходится основная часть цены всего агрегата, а цена трактора зависит непосредственно от мощности. В долях мощности трактора может быть выражена цена рабочих машин и сцепки. Например, для пахотных агрегатов цена плуга составляет в среднем 6,6 % цены соответствующего трактора. Аналогичные усредненные соотношения существуют и для других однотипных машин. Далее в функции мощности выражают и производительность МТА, и приведенные затраты. Исходя из этого, обычными методами нахождения экстремума функции можно найти такое оптимальное значение номинальной мощности двигателя трактора $N_{H\text{opt}}$, при которой приведенные затраты будут минимальными. Обычно в области минимума приведенные затраты изменяются медленно, поэтому для удобства практических расчетов можно выделить такой диапазон мощностей, в пределах которых эти затраты не превысят минимальных более чем на допустимое значение, которое принимают +5 %. Полученные описанным способом диапазоны ресурсосберегающих мощностей двигателей тракторов приведены в таблице 3.1 для наиболее распространенных видов работ и классов длины гона.

Первая цифра каждого диапазона мощностей соответствует минимальным приведенным затратам, а вторая — затратам, увеличенным на 5 % по сравнению с минимальными.

Указанные диапазоны мощностей справедливы для всех видов тракторов (гусеничных и колесных, общего назначения и универсально-пропашных), что существенно облегчает выбор требуемого трактора. Тракторы с большей мощностью в каждом диапазоне имеют 3.1. Диапазоны ресурсосберегающих мощностей двигателей тракторов в зависимости от класса длины гона

Вспашка почв:

легких	61...105	65...114	73...132	95...178
средних	70...124	75...135	84...156	109...213
тяжелых	76...134	80...145	90...168	117...230
Боронование зубowymi боронами	26...41	32...52	37...61	43...75

Лущение и дискование	61...110	74...138	83...160	106...217
Сплошная культивация	55...95	67...119	84...155	99...187
Прикатывание	30...51	53...62	40...74	47...90
Узкорядный посев зерновых	54...87	59...94	62...101	69...114

ют, естественно, более высокую производительность (до 30...40 %), но с большими до 5 % приведенными затратами по сравнению с минимальными. Таким образом, по данным таблицы 3.1 всегда можно выбрать трактор, наиболее полно отвечающий изложенным ранее требованиям высокой производительности и ресурсосбережения. Выбором по таблице 3.1 конкретной марки трактора и соответствующего типа рабочей машины завершается первый этап расчета состава агрегата. Под типом машины подразумевают только тип рабочих органов машины (а не марку машины), по которым выбирают соответствующее удельное сопротивление.

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 :

$$(3.1)$$

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.

Из этого равенства следует, что чистая производительность прямо пропорциональна тяговой мощности трактора. Следовательно, при прочих равных условиях для составления агрегата необходимо выбрать ту передачу трактора, на которой тяговая мощность будет наибольшей. Например, на рисунке 2.5 $N_{кр\ max}$ соответствует четвертой передаче. Следует при этом учитывать также допустимые пределы буксования δ_d , а также увеличение удельного сопротивления агрегата K_a с увеличением скорости в соответствии с формулами (2.52) и (2.53).

Практические расчеты показывают, что выбирать рациональную передачу трактора с учетом изложенных соображений следует в диапазоне тяговой характеристики от $P_{кр\ д}$ до $P_{кр\ н\ опт}$ при $N_{кр\ max}$ (см. рис. 2.5). При этом чем больше ΔK в формуле (1.48) и влияние скорости на тяговое сопротивление, тем $P_{кр\ н}$ выбираемой передачи должно быть ближе к тяговому усилию при допустимом буксовании. На-

пример, на тяговой характеристике рациональными являются передачи 2, 3, 4. Из них для вспашки больше подходит вторая передача, так как значение ΔK в формуле (2.52) имеет наибольшее значение на вспашке, особенно на тяжелых почвах, — до 6...7 %. Выбираемая по тяговой характеристике описанным способом передача трактора и соответствующая рабочая скорость обеспечивают и уменьшенный удельный (в расчете на 1 га) расход топлива при рабочем ходе, кг/га, который определяют с учетом формулы (1.54):

$$(3.2)$$

где G_T — часовой расход топлива двигателя, кг/га.

Сравнивая формулы (3.1) и (3.2), можно заключить, что максимальному значению P_{\max} соответствует минимальный расход топлива $\theta_{p \min}$. Соответственно с точки зрения выбора рабочей передачи трактора и скорости v указанные равенства эквивалентны.

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

$$B_p = (P_{кр.н} \varepsilon_{кр.н} - 10^{-3} m g \sin \alpha) / K_a, \quad (3.3)$$

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

Знак «—» перед $\sin \alpha$ принят для наиболее тяжелого случая подъема агрегата вверх по склону. Численное значение $\varepsilon_{кр.н}$ обеспечивает и допустимый коэффициент загрузки двигателя ε_N с учетом данных таблицы 2.1. Значения $\varepsilon_{кр.н}$ для разных операций и марок тракторов приводят в справочной литературе, и они составляют 0,78...0,97.

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

$$b_M \leq B_p. \quad (3.4)$$

Для многомашинных агрегатов определяют расчетное число машин $n_{\text{мр}}$ с учетом ширины захвата $\epsilon_{\text{м}}$ одной машины

$$n_{\text{мр}} = B_{\text{р}}/\epsilon_{\text{м}}. \quad (3.5)$$

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

$$n_{\text{м}} \leq n_{\text{мр}}. \quad (3.6)$$

Затем вычисляют рабочую ширину захвата агрегата

$$B = \epsilon_{\text{м}} n_{\text{м}}. \quad (3.7)$$

На четвертом этапе расчета агрегата при $n_{\text{м}} > 1$ вычисляют требуемый фронт сцепки по формуле (2.57):

$$\Phi_{\text{ср}} = (n_{\text{м}} - 1)\epsilon_{\text{м}}. \quad (3.8)$$

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

$$\Phi_{\text{с}} \geq \Phi_{\text{ср}}. \quad (3.9)$$

Поскольку в процессе расчета могли быть округления в соответствии с формулами (3.5), (3.6), (3.9), то необходимо определить фактическую загрузку трактора.

Предварительно для этого по формулам (2.52) и (2.53) вычисляют тяговое сопротивление агрегата по формуле

$$R_{\text{а}} = n_{\text{м}} (\epsilon_{\text{м}} K_{\text{м}} + 10^{-3} m_{\text{м}} g \sin \alpha) + 10^{-3} m_{\text{с}} g (f_{\text{с}} \cos \alpha + \sin \alpha), \quad (3.10)$$

где $R_{\text{а}}$ — полное тяговое сопротивление агрегата, кН; $m_{\text{м}}$, $m_{\text{с}}$ — соответственно массы одной машины и сцепки, кг.

Фактический (рабочий) коэффициент использования номинального тягового усилия $\epsilon_{\text{кр}}$ с учетом формулы (3.4)

$$\epsilon_{\text{кр}} = (R_{\text{а}} + 10^{-3} m g \sin \alpha) / P_{\text{кр.н}}. \quad (3.11)$$

Если расчет правильный, то

$$\epsilon_{\text{кр}} \leq \epsilon_{\text{кр.н}}, \quad (3.12)$$

а если $\epsilon_{\text{кр}}$ окажется слишком малым (менее 0,7), то необходимо проверить возможность перехода на более высокую скорость с учетом данных таблицы 2.2. Приблизенно по загрузке трактора

возможен переход на ту передачу, на которой значение тягового усилия $P_{кр.н}$ отвечает условию

$$P_{кр.н}\varepsilon_{кр.н} \geq (R_a + 10^{-3}mg \sin \alpha). \quad (3.13)$$

Если переход на более высокую скорость невозможен по тем или иным соображениям, то для экономии топлива необходимо перейти на частичный режим работы двигателя, уменьшив подачу топлива при одновременном включении более высокой скорости. На этом расчет состава прицепного тягового агрегата завершается.

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

Особенности расчета навесных тяговых агрегатов. Если при рабочем ходе МТА подъемные гидроцилиндры находятся в плавающей позиции, то навесной агрегат рассчитывают по приведенным ранее формулам. Только при определении K_a с учетом формул (1.48) и (1.49) необходимо вместо K_{M_0} принимать удельное сопротивление $K_{M_{0H}}$, для навесных машин $K_{M_{0H}} \approx 0,8K_{M_0}$. Чаше в расчетах приближенно принимают $K_{M_{0H}} \approx K_{M_0}$, усиливая тем самым «запас прочности» расчетов.

Если рабочий ход МТА совершается с использованием ГСВ или позиционно-силового регулятора (ПСР), то ходовая часть трактора догружается частью веса рабочих машин, что необходимо учитывать в расчетах. Такие навесные агрегаты обычно являются одномашинными, тогда расчетная ширина захвата вместо формулы (3.3) с учетом формулы (2.52):

$$B_p = \frac{P_{кр.н}\varepsilon_{кр.н} - 10^{-3}mg \sin \alpha}{K_{M_{0H}} [1 + \Delta K(v - v_0)] + 10^{-3}m_{My} g(\lambda_m f \cos \alpha + \sin \alpha)}, \quad (3.14)$$

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 в формуле (3.3) 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 формулам (2.52) и (2.53)

$$K_a = K_{M_1} + K_{M_2} + \dots + K_{M_n} + 10^{-3} m_{cy} g (f_c \cos \alpha + \sin \alpha), \quad (3.15)$$

где K_{M_1} , K_{M_2} , K_{M_n} — удельные тяговые сопротивления отдельных типов машин, определенные по формуле (2.52), кН/м.

После вычисления K_a по формуле (3.15) ранее приведенные формулы для расчета обычных агрегатов будут справедливы и в данном случае.

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 формулами (3.1) и (3.2). 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.

Соответственно в качестве рабочей выбираем по тяговой характеристике передачу с наибольшей тяговой мощностью $N_{кр\ max}$ (четвертая передача на рис. 2.5) и номинальным тяговым усилием $P_{кр.н} = P_{кр.н\ opt}$. На третьем этапе по аналогии с формулой (3.3) вычисляют расчетное число прицепов по тяговому усилию трактора

$$n_{пр} = (P_{кр.н} \epsilon_{кр.н} - 10^{-3} m g \sin \alpha) / R_{п}, \quad (3.16)$$

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

$$\begin{aligned} R_{п} &= 10^{-3} g (m_{п} + Q_{г}) (f_{п} \cos \alpha + \sin \alpha) = \\ &= 10^{-3} g (m_{п} + Q_{г.н} K_{г}) (f_{п} \cos \alpha + \sin \alpha), \end{aligned} \quad (3.17)$$

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 по аналогии с формулой (3.6) и получают действительное число прицепов $n_{п}$ по загрузке трактора в виде

$$n_{п.т} \leq n_{пр}. \quad (3.18)$$

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. Затем по аналогии с формулой (3.11) с учетом выбранного числа прицепов $n_{п}$ вычисляют фактическое значение коэффициента использования номинального тягового усилия $\epsilon_{кр}$, принимая $R_a = n_{п}R_{п}$. Возможность перехода на более высокую скорость при малом значении $\epsilon_{кр}$ также проверяют по аналогии с формулой (3.13). Наибольшие допустимые скорости тракторных транспортных агрегатов в зависимости от марки трактора, класса груза и дорожных условий составляют 12...29 км/ч. Соединяют (агрегируют) прицепы с трактором в соответствии с имеющимися рекомендациями.

Пример аналитического расчета тягового агрегата для сплошной культивации с боронованием для условий Центрального района при следующих исходных данных: длина гона 400...600 м; угол склона 2°. По таблице 3.1 указанному классу длины гона соответствуют мощности 67...119 кВт. С учетом дефицита механизаторских кадров в Центральном районе выбирают трактор с возможно большей мощностью в указанном диапазоне. С учетом меньшего уплотнения почвы целесообразно выбрать гусеничный трактор Т-150 с номинальной мощностью $N_n = 110,29$ кВт и эксплуатационной массой $m = 7660$ кг. Больше для заданных условий подходит прицепной скоростной культиватор типа КПС-4 с зубовыми боронами типа БЗСС-1 при ширине захвата $\epsilon_m = 4$ м и общей массой вместе с боронами $m_m = 970$ кг. Рабочие скорости для сплошной культивации составляют 6,0...12,0 км/ч. По тяговой характеристике трактора Т-150 на поле, подготовленном под посев, эквивалентным критериям в формулах (3.1) или (3.2) соответствует вторая передача при $N_{кр\max} = 78,61$ кВт, $P_{кр.н} = 34,89$ кН, $v = 2,25$ м/с (8,11 км/ч), $G_T = 28,4$ кг/ч, $\delta = 0,04$.

Суммарное удельное сопротивление агрегата K_a на выбранной передаче вычисляют по формулам (2.52) и (2.53), учитывая удельное сопротивление самого культиватора при $\Delta K_1 = 0,14$, $K_{m_01} = 1,8$ кН/м и борон при $\Delta K_2 = 0,072$, $K_{m_02} = 0,50$ кН/м. Сопротивление подъему культиватора с боронами и сцепки рассчитывают при $m_{m_y} = 242,5$ кг/м и $m_{c_y} = 114,4$ кг/м. При этом получают $K_a = 2,87$ кН/м. Затем определяют расчетную ширину захвата по формуле (3.3) $B_p = 10,02$ м при $\epsilon_{кр.н} = 0,9$. Далее по формулам (3.5)...(3.7) вычисляют число культиваторов $n_m = 2$ и рабочую ширину захвата агрегата $B = 8$ м. После определения фронта сцепки $\Phi_{ср} = 4$ м по формуле (3.8) выбирают сцепку СП-11 с массой 915 кг. Общее тяговое сопротивление составленного агрегата по формуле (3.10) при $f_c = 0,18$ составит $R_a = 22,94$ кН.

Расчет агрегата завершают определением фактического значения коэффициента использования номинального тягового усилия трактора $\epsilon_{кр} = 0,73$ по формуле (3.11). Для более полной загрузки трактора и двигателя целесообразно проверить возможность работы на более высокой скорости. По тяговой характеристике трактора Т-150 на третьей передаче имеем $P_{кр.н} = 29,53$ кН, $v = 2,55$ м/с (9,19 км/ч), $\delta = 0,034$. При этом получим $\epsilon_{кр} = 0,86$ при составе агрегата Т-150 + СП-11 + 2КПС-4 + 8БЗСС-1. Из полученных результатов следует, что целесообразно работать на третьей передаче, так как обеспечивается более полная загрузка двигателя и соответственно более высокая производительность агрегата при меньшем удельном расходе топлива и энергии на единицу обработанной площади.

3.6. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ТЯГОВО-ПРИВОДНЫХ АГРЕГАТОВ

Принципиально расчет тягово-приводных агрегатов также можно выполнить по формулам (3.3)...(3.13), подставляя вместо K_a соответствующее удельное сопротивление $K_{мв}$ из формулы (2.49). Однако более эффективен рассматриваемый далее метод, который полное учитывает следующие основные особенности тягово-приводных МТА. Эти агрегаты являются одномашинными без сцепки. Влиянием скорости на тяговое сопротивление в большинстве случаев можно пренебречь. Для агрегатов типа картофелеуборочных это объясняется сравнительно малыми рабочими скоростями (4...6 км/ч), поскольку значительная часть мощности реализуется через ВОМ, а для МТА типа силосоуборочных само тяговое сопротивление машины мало зависит от скорости. Существенно ограничен и выбор типоразмеров рабочих машин для агрегатирования с одним и тем же трактором (чаще не более двух). Практически каждую машину конструируют для агрегатирования с трактором определенной мощности и тягового класса. Кроме того, рабочая скорость и ширина захвата агрегата должны быть выбраны таким образом, чтобы наряду с рациональной загрузкой двигателя фактическая секундная подача обрабатываемого материала (хлебной массы, картофельного вороха и т. д.) не превышала проектную пропускную способность рабочих органов машины. В противном случае рабочие органы будут часто забиваться с возможными поломками деталей и узлов.

С учетом изложенных особенностей и наличия необходимой справочной и нормативной информации наиболее эффективен и доступен следующий упрощенный метод расчета тягово-приводного агрегата.

На первом этапе по аналогии с предыдущими случаями в зависимости от конкретных условий работы выбирают трактор, наибо-

лее полно отвечающий требованиям высокой производительности и ресурсосбережения.

На втором этапе к выбранному трактору подбирают рабочую машину с такой шириной захвата и рабочей скоростью, при которых с учетом агротехнических требований обеспечивается рациональное использование мощности двигателя и пропускной способности рабочих органов машины.

Допустимые по загрузке двигателя ширину захвата и рабочую скорость определяют из баланса мощности трактора [см. формулу (2.11)], который в данном случае целесообразно представить в виде

$$N_{\text{н}} \epsilon_N = \frac{N_{\text{в}}}{\eta_{\text{в}}} + N_{\text{п.т}} = \frac{1}{\eta_{\text{в}}} (N_{\text{в.х}} + N_{\text{в.т}}) + \frac{[K_{\text{м}} \epsilon_{\text{м}} + 10^{-3} mg (f \cos \alpha + \sin \alpha)] v}{\eta_{\text{тр}} (1 - \delta)}, \quad (3.19)$$

где $N_{\text{п.т}}$ — суммарная мощность, потребляемая на тяговые процессы, включая перемещение самого трактора и рабочей машины, кВт.

Мощность на выполнение самого технологического процесса $N_{\text{в.т}}$ с учетом значения секундной подачи $q_{\text{п}}$ и формулы (2.20) можно представить в виде

$$N_{\text{в.т}} = a_N q_{\text{п}} = 0,1 a_N \epsilon_{\text{м}} v U, \quad (3.20)$$

где U — урожайность, доза внесения и т. д., т/га.

Удельную мощность a_N в расчете на единицу секундной подачи выбирают по справочным или опытным данным. Как указывалось ранее, для буксования δ с учетом допустимого значения $\delta_{\text{д}}$ можно принять $\delta = 0,8\delta_{\text{д}}$, а удельное сопротивление машины $K_{\text{м}}$ — постоянным без учета влияния скорости. Приблизительно можно принять также $\epsilon_N \approx 0,9$.

Допустимая по загрузке двигателя рабочая скорость агрегата согласно формулам (3.19) и (3.20)

$$v_N = \frac{N_{\text{н}} \epsilon_N - \frac{N_{\text{вх}}}{\eta_{\text{в}}}}{\frac{0,1 a_N \epsilon_{\text{м}} U}{\eta_{\text{в}}} + \frac{K_{\text{м}} \epsilon_{\text{м}} + 10^{-3} mg (f \cos \alpha + \sin \alpha)}{\eta_{\text{тр}} (1 - 0,8\delta_{\text{д}})}}. \quad (3.21)$$

Подставив вместо $\epsilon_{\text{м}}$ ширину захвата соответствующей машины, а также $N_{\text{вх}}$, определяют скорость, при которой двигатель будет

работать без перегрузки. Скорость v_N не может быть принята в качестве рабочей, поскольку не учитывается пропускная способность машины. Поэтому необходимо определить также допустимую по пропускной способности $q_{п.н}$ рабочую скорость $v_{п}$. Приняв в формуле (3.20) $q_{п} = q_{п.н}$, получим

$$v_{п} = \frac{q_{п.н} \epsilon_{п}}{0,1 \epsilon_M U}, \quad (3.22)$$

где $\epsilon_{п}$ — коэффициент использования пропускной способности.

При отсутствии более точных данных в расчетах приближенно можно принять $\epsilon_{п} = 0,7 \dots 0,9$. Из двух скоростей v_N и $v_{п}$ с учетом агротехнических требований в качестве рабочей принимают ту скорость, которая меньше с последующим выбором соответствующей передачи трактора.

Рассмотренная методика расчета применима и к самоходным агрегатам типа зерноуборочных и других комбайнов, подразумевая в формуле (3.21) под K_M лобовое сопротивление рабочих органов машины, а под m — эксплуатационную массу самоходной машины.

Пример. Рассчитать состав силоуборочного агрегата при следующих исходных данных: длина гона $L = 400$ м; урожайность $U = 30$ т/га; $a_N = 1,5$ кВт/(кг/с); $\epsilon_N = 0,9$; $\eta_B = 0,95$; $\epsilon_{п} = 0,9$; $K_M = = 2,2$ кН/м; $\eta_{тр} = 0,88$; $\alpha = 0$.

На первом этапе аналогично таблице 3.1 определяют диапазон ресурсосберегающих мощностей трактора при заданной длине гона — 98...150 кВт. Требованиям ресурсосбережения и высокой производительности в указанном диапазоне наиболее полно соответствует гусеничный трактор ДТ-75М с мощностью $N_H = 66,25$ кВт и эксплуатационной массой $m = 6400$ кг при $\delta_d = 0,05$ и $f = 0,11$.

Наиболее вероятно агрегатирование с этим трактором силоуборочного комбайна КСС-2,6 с шириной захвата $\theta_M = 2,6$ м, $N_{вх} \approx 7$ кВт и пропускной способностью $q_{п.н} = 25$ кг/с. Подставив в формулу (3.21) соответствующие исходные данные, получают допустимую по загрузке двигателя трактора скорость $v_N = 1,92$ (6,9 км/ч). Скорость по пропускной способности, вычисленная по формуле (3.22), составит $v_{п} = 2,88$ м/с (10,4 км/ч). Поскольку $v_N < v_{п}$, то в качестве рабочей принимают скорость $v = v_N = 1,92$ м/с. Этой скорости соответствует по тяговой характеристике четвертая передача. Полученные результаты подтверждают эффективность приведенной методики расчета тягово-приводных агрегатов. Отличительная особенность комплектования МТА в условиях небольших фермерских хозяйств — ограниченное число механизаторов и типоразмеров тракторов. В связи с этим не всегда возможен выбор ресурсосберегающего трактора в соответствии с данными таблицы 3.1. При ограниченном числе механизаторов целесообразно выбрать более мощный трактор для обеспечения высокой производительности.

3.7. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ АГРЕГАТА И ПУТИ ЕГО ПОВЫШЕНИЯ

Коэффициент полезного действия агрегата η_a в общем случае равен отношению полезных удельных энергозатрат в рабочей машине в расчете на 1 га E_p к полным (общим) удельным энергозатратам E_o , полученным при сжигании топлива в камере сгорания двигателя, т. е.

$$\eta_a = E_p / E_o. \quad (3.23)$$

Для удобства анализа влияния различных факторов целесообразно выразить η_a через частные КПД двигателя, трактора и рабочих машин. Тогда

$$E_o = \Theta Q_n, \quad (3.24)$$

где Θ — погектарный расход топлива, кг/га; Q_n — низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг.

Численное значение Θ учитывает все основные режимы работы агрегата (включая рабочий и холостой ходы, а также холостой ход двигателя при остановленном агрегате). Обычно Θ определяют по опытным или по нормативным данным. Для дизельного топлива принимают $Q_n = 42600$ кДж/кг. Потери энергии в самом двигателе характеризуются эффективным КПД двигателя

$$\eta_e = E_e / E_o, \quad (3.25)$$

где E_e — удельные эффективные энергозатраты на валу двигателя, кДж/га.

КПД дизельного двигателя составляет $\eta_e \approx 0,35 \dots 0,40$.

Потери энергии в тракторе определяются общим КПД трактора η при работе с тягово-приводной машиной или тяговым КПД η_T при работе с тяговой машиной.

Соответственно с учетом формул (2.21) и (2.23) можно написать

$$\eta = E_{T.B} / E_e = (N_{кр} + N_B) / N_e, \quad (3.26)$$

$$\eta_T = E_T / E_e = N_{кр} / N_e, \quad (3.27)$$

где $E_{T.B}$, E_T — соответствующие удельные энергозатраты, передаваемые от трактора к рабочей машине через ВОМ и крюк для выполнения технологического процесса, кДж/га.

Удельный расход энергии на выполнение полезной работы в самой машине (полезные энергозатраты) определяют с учетом формул (3.24)...(3.27) из равенств

$$E_{п.в} = E_{T.B} \eta_M = \Theta Q_n \eta_e \eta_M, \quad (3.28)$$

$$E_{п.т} = E_T \eta_M = \Theta Q_n \eta_e \eta_T \eta_M, \quad (3.29)$$

где η_M — КПД машины.

Общие коэффициенты полезного действия тягово-приводного и тягового агрегата на основании формул (3.23), (3.28) и (3.29) определяют как произведение частных КПД двигателя, трактора и самих машин.

$$\eta_{a.в} = E_{п.в}/E_o = \eta_e \eta_{т} \eta_{м}, \quad (3.30)$$

$$\eta_{a.т} = E_{п.т}/E_o = \eta_e \eta_{т} \eta_{м}. \quad (3.31)$$

Точное опытное определение КПД даже простейшей сельскохозяйственной машины с пассивными рабочими органами типа плуга, культиватора и др. очень сложно. Поэтому в справочной литературе обычно приводят лишь ориентировочные значения $\eta_{м}$ для отдельных типов машин: для прицепных плугов — 0,55...0,75; для навесных плугов — 0,60...0,80. Значение $\eta_{м}$ для более сложных машин еще меньше и в целом ориентировочно составляет $\eta_{м} = 0,20...0,80$.

Коэффициент полезного действия МТА очень низок даже при самых высоких значениях $\eta_{м}$. Например, для навесного пахотного агрегата на базе гусеничного трактора при $\eta_e = 0,35$; $\eta_{т} = 0,75$; $\eta_{м} = 0,8$ получают $\eta_{a.т} = 0,35 \cdot 0,75 \cdot 0,8 = 0,21$.

Таким образом, даже в лучшем случае из каждых 100 л топлива только 21 л расходуется на полезную работу. Если $\eta_{м} = 0,2$, то получают $\eta_{a.т} = 0,05$. Эти данные показывают, с какой низкой эффективностью используется топливо машинно-тракторными агрегатами.

Актуальнейшее значение в связи с этим имеют перспективные научные разработки по обоснованию новых принципов выполнения полевых работ (электропривод, новые энергосберегающие принципы воздействия на почву, семена и растения, химическая защита растений и т. д.), а также по совершенствованию конструкций тракторов и рабочих машин в направлении увеличения их КПД.

Значительные резервы увеличения η_e , η , $\eta_{т}$, $\eta_{м}$ имеются и непосредственно в условиях эксплуатации: повышение уровня технического обслуживания тракторов и сельскохозяйственных машин; использование высококачественных топлив и смазочных материалов; хорошая подготовка полей; комплектование энергосберегающих агрегатов и другие мероприятия, которые уже были рассмотрены.

3.8. 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 раздельно, 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. Соответствующие рекомендации имеются и для других типов навесных и прицепных устройств, показанных на рисунках 3.1, 3.2.

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 стыковых 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.) расстанавливают 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 3.3.

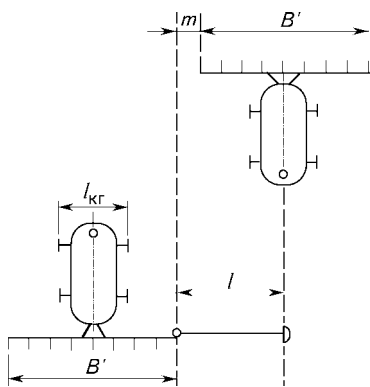


Рис. 3.3. Схема определения длины вылета маркера

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 способе движения вразвал. Длина вылета маркера зависит как от ширины захвата агрегата, так и от способа вождения трактора относительно следа маркера.

Для удобства расчета сначала рассмотрим случай вождения трактора по следу маркера серединой (проб-

кой радиатора), как показано на рисунке 3.3. Длины вылета правого $l_{\text{п}}$ и левого $l_{\text{л}}$ маркеров в этом случае равны между собой и в соответствии с рисунком 3.3

$$l_{\text{п}} = l_{\text{л}} = 0,5B' + m, \quad (3.32)$$

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 (3.22) примет вид

$$l_{\text{п}} = l_{\text{л}} = 0,5(B + m). \quad (3.33)$$

Практически для тракториста удобнее вождение трактора по следу маркера серединой правого колеса или краем правой гусеницы. В этом случае для $l_{\text{п}}$ и $l_{\text{л}}$ с учетом формулы (3.33) соответственно получим

$$l_{\text{п}} = 0,5B' + m - 0,5l_{\text{кг}} = 0,5(B + m - l_{\text{кг}}), \quad (3.34)$$

$$l_{\text{л}} = 0,5B' + m + 0,5l_{\text{кг}} = 0,5(B + m + l_{\text{кг}}), \quad (3.35)$$

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

Если вести трактор по следу маркера попеременно правым и левым колесом (гусеницей), то определяемые по формуле (3.34) $l_{\text{п}} = l_{\text{л}}$. Если для многомашинных агрегатов длина вылета маркера получается слишком большая, то рекомендуют использовать следоуказатель с отвесом в виде легкой перекидной штанги, укрепляемой перед радиатором. Длины вылета обоих маркеров в этом случае равны и с учетом формулы (3.33) их определяют из равенства

$$l_{\text{п}} = l_{\text{л}} = 0,5(B + m) - l_{\text{сл}}. \quad (3.36)$$

Длина следоуказателя $l_{\text{сл}}$ равна расстоянию от продольной оси трактора до нити отвеса. Следует, однако, отметить, что в процессе работы отвес раскачивается, поэтому трактористу сложно пользоваться следоуказателем.

Наладочные работы для всего агрегата. Эти работы сводятся в основном к проверке соблюдения установленных отдельно 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

$$Vl_k u_n / 10^4 = m_{c,y}, \quad (3.37)$$

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 (3.37) 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.

3.9. ТРЕБОВАНИЯ К УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ МТА

Составленный рассмотренными ранее методами МТА представляет собой сложную динамическую систему, все основные элементы которого (трактор, сцепка, рабочие машины, колеса, рабочие органы и соединительные узлы машин и др.) движутся не только как единое целое, но и перемещаются относительно друг друга. Движения при этом совершаются в трех основных плоскостях — горизонтальной, продольно-вертикальной, вертикально-поперечной.

При всех указанных сложных движениях необходимо строгое соблюдение агротехнических требований, которые часто требуют высокой точности. Например, при посеве зерновых культур отклонение ширины стыкового междурядья от установленной не должно превышать ± 2 см у смежных сеялок и ± 5 см у смежных проходов. Отклонение глубины вспашки от заданной, например 20 см, не должно превышать ± 1 см.

Агротехническими требованиями и требованиями безопасности обусловлены и соответствующие требования к устойчивости движения агрегата в самом широком смысле этого понятия, включая устойчивость: движения по заданной траектории, а также во всех трех плоскостях; передачи энергии к рабочим органам; соблюдения заданной рабочей скорости и т. д.

Аналитическое описание всех этих процессов представляет собой сложную задачу и не предусмотрено программой. Однако инженерно-технические работники должны знать физическую сущность этих процессов, чтобы в условиях производства обеспечить

удовлетворение основных требований, предъявляемых к устойчивости движения агрегатов. Поэтому рассмотрим основные виды устойчивости движения, оказывающие наибольшее влияние на показатели работы МТА.

Устойчивость движения по заданной траектории обеспечивается: общими динамическими свойствами всего агрегата и отдельных машин; правильностью комплектования агрегата и проведения регулировок; хорошей подготовкой полей и выбором способа движения и рабочей скорости; хорошим состоянием механизмов управления трактором и квалификацией тракториста и др.

Нарушение устойчивости движения по заданной траектории может вызвать следующие отрицательные явления: нарушение агротехнических требований; увеличение расхода топлива и снижение производительности из-за искривления пути агрегата; повышенные износ узлов и деталей управления и ходовой части трактора, повышенное буксование и разрушение структурных частиц почвы; рост утомляемости тракториста и т. д.

Устойчивость поступательного движения агрегата характеризуется постоянством рабочей скорости, которая зависит от выбора передачи трактора и правильности загрузки двигателя; состояния двигателя и системы регулирования подачи топлива; состояния трансмиссии трактора и т. д.

Нарушение этого вида устойчивости движения агрегата приводит: к нарушению агротехнических требований из-за неравномерного поступления обрабатываемого материала к рабочим органам, включая семена, хлебную массу, удобрения и т. д.; возникновению динамических нагрузок в элементах конструкции МТА, которые отрицательно влияют на организм тракториста, а также на показатели надежности.

Устойчивость движения при передаче энергии через ВОМ оценивается постоянством соотношения между частотами вращения вала двигателя и ВОМ и стабильностью частоты вращения самого ВОМ. При этом различают зависимые (выключение и включение ВОМ связано с включением и выключением главной муфты сцепления), независимые (включение ВОМ не связано с главной муфтой сцепления и осуществляется отдельной муфтой сцепления) и синхронные (частота вращения ВОМ согласована или синхронизирована с частотой вращения ведущих колес трактора) ВОМ.

На современных тракторах в основном устанавливают независимые ВОМ, которые часто могут переключаться также на синхронный привод (например, МТЗ-80). Синхронный ВОМ обеспечивает постоянство подачи обрабатываемого технологического материала к рабочим органам машины при разных скоростях ее движения. Устойчивое вращение ВОМ возможно при устойчивой работе двигателя; правильном выборе рабочей скорости агрегата и соответствующей секундной подачи обрабатываемого материала; соответствующем выборе вида привода (независимый или синхронный); хорошем техническом состоянии механизмов привода ВОМ и т. д.