

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Мобильные и технологические комплексы»

В. Б. Попов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ УБОРОЧНЫХ МАШИН

ПОСОБИЕ

**для студентов специальности
1-36 12 01 «Проектирование и производство
сельскохозяйственной техники»
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2023

УДК 635-135(075.8)
ББК 40.728я73
П58

*Рекомендовано научно-методическим советом
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 11 от 28.06.2022 г.)*

Рецензент: генеральный конструктор НТЦК ОАО «Гомсельмаш» *С. А. Федорович*

Попов, В. Б.
П58 Проектирование, эксплуатация и ремонт уборочных машин : пособие для студентов специальности 1-36 12 01 «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники» днев. и заоч. форм обучения / В. Б. Попов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – 191 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Представлен лекционный материал по основным темам курса «Проектирование, эксплуатация и ремонт уборочных машин». Приведены необходимые теоретические сведения, методики проектирования, технического обслуживания и эксплуатации уборочных машин, даны справочные материалы.

Для студентов специальности 1-36 12 01 «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники» дневной и заочной форм обучения.

УДК 635-135(075.8)
ББК 40.728я73

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2023

РАЗДЕЛ 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИН ДЛЯ УБОРКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

1.1. Общие сведения о проектируемых объектах. Современное направление в развитии с/х техники

При проектировании проектировщик использует и анализирует систему «наука – техника – производство – эксплуатация». Структурную схему конкретного взаимодействия проектировщика и объекта проектирования можно представить в виде (рис. 1.1).

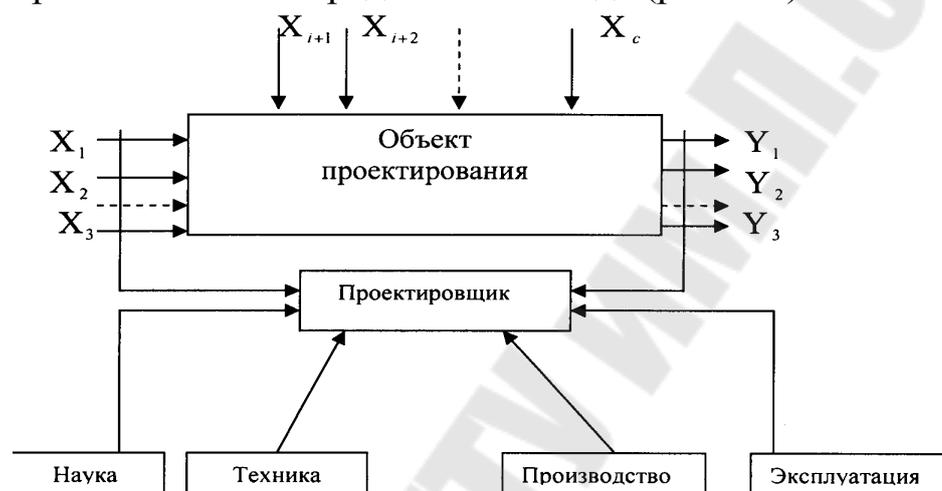


Рис. 1.1. Структурная схема взаимодействия проектировщика и объекта проектирования

Здесь X_1, \dots, X_i исходные (входные) данные (условия эксплуатации, свойства исходного обрабатываемого материала, агротехнические требования к проектируемой машине; X_{i+1}, \dots, X_c – управляющие воздействия, обеспечивающие заданные условия функционирования объекта проектирования (конструкции рабочих элементов, их компоновка, кинематические параметры и т.д.); Y_1, \dots, Y_K – выходные показатели функционирования (показатели назначения, энергоемкость, надежность, эргономика, эстетика и т. д.).

Объектами проектирования в соответствии с дисциплиной «Основы проектирования СХМ» являются с/х машины, оборудование, агрегаты и комплексы.

В отличие от функционирующей системы (системы, эксплуатируемой в агропромышленном комплексе (АПК)) описание проектируемой системы задает ее предполагаемую структуру с помощью схем, пояснительных текстов, а также логических и математических

соотношений, моделирующих работу отдельных элементов системы и ее взаимодействие с окружающей средой.

Таким образом, при проектировании создается структура систем.

Сложившуюся структуру объектов проектирования целесообразно характеризовать элементами, составляющими ее [4]. СХМ в общем случае состоит из следующих групп элементов: рабочих органов; механизмов для передачи движения от источника энергии; механизмов управления; источника энергии; ходовой части с подвеской; несущих конструкций.

В зависимости от назначения машины, т.е. характера технологических операций, которые она должна выполнять, метода агрегатирования в структуре не обязательно должны присутствовать все группы элементов (например, у навесных машин ходовая часть отсутствует, так как ее роль выполняет трактор или самоходное шасси и т. д.). С/х агрегаты включают: 1) энергетическое средство (ЭС) – трактор или самоходное шасси; 2) сцепное устройство; 3) рабочие с/х машины.

На практике агрегаты часто состоят из трактора и одной рабочей машины, навешиваемой или прицепляемой. В этом случае, как правило, сцепного устройства не требуется. Иногда одна машина или орудие агрегируется с двумя тракторами (тросовая волокуша).

Самоходная СХМ может рассматриваться как разновидность с/х агрегатов. Комплекс машин, как следует из определения, должен состоять из СХМ и с/х агрегатов в количестве и с характеристиками, обеспечивающими выполнение производственных процессов.

Структура, как показано выше, отвечает требованиям на проектирование объектов, поэтому можно привести некоторую классификацию перечисленных объектов.

СХМ подразделяют: *по назначению*: на почвообрабатывающие; посевные; для ухода за растениями; уборочные и т.д.; *по отношению к мобильным энергетическим средствам* (тракторам, самоходным шасси и т.п.): на прицепные; навесные; полунавесные; самоходные.

Агрегаты подразделяют: *по энергетическому средству* – на машинно-тракторные; *по наличию сцепного устройства* (сцепки) – на сцепные и бесцепные; *по положению рабочей машины относительно энергетического средства*: на задние; передние; средние; симметричные; левосторонние; правосторонние и т. д.

Комплексы машин различают: *по применению в отраслях сельского хозяйства*: полевые; животноводческие и т. д.

Эффективность техники проявляется в сфере эксплуатации. В с/х литературе термины процессов, связанных с получением с/х

продукции, неупорядочены. Дальнейшее изложение учебного материала требует однозначности в понимании. В связи с этим на основе анализа литературных источников будет использована следующая структура соподчиненных понятий (рис. 1.2.).

На рис. 1.2. показан производственный процесс с/х предприятия, включающий технологические процессы по производству различной с/х продукции. Обычно технологические процессы взаимосвязаны между собой, в том числе едиными техническими средствами, если в процессах встречаются аналогичные технологические операции. Технологические операции сопровождаются изменением технологических свойств обрабатываемых материалов. Под технологическими свойствами в дальнейшем будем понимать часть физико-механических свойств, которыми обладают обрабатываемые с/х материалы и на изменение которых направлено воздействие рабочих органов СХМ. Обычно с/х агрегаты и машины предназначены для механизации технологических операций.

Вспомогательные операции нужны для подготовки техники к работе (сборка, обкатка, техническое обслуживание и т. д.) и объектов обработки к применению машин и агрегатов, для этого могут разрабатываться сервисные средства.

К началу нового тысячелетия многие конструкторы и технологи пришли к одинаковому выводу – для того чтобы повысить эффективность труда и качество разрабатываемой продукции, необходим переход от работы в смешанной среде двумерной графики и трехмерного моделирования к использованию объемных моделей в качестве основных объектов проектирования. Создатели системы SolidWorks учли все эти требования, и дали возможность десяткам тысяч конструкторов использовать на своих персональных рабочих местах новейшие достижения науки в области технологий CAD/CAM.

Компания Unigraphics Solutions имеет уникальную для отрасли степень интеграции между своими продуктами САПР среднего уровня Solid Edge, САПР верхнего уровня Unigraphics и системой введения проекта iMAN. В то время как другие могут предложить только передачу геометрических моделей, Unigraphics обеспечивает сохранение ассоциативности и возможности автоматического обновления деталей и сборок в обоих направлениях. Для того, чтобы это стало возможно, системы должны иметь общими не только геометрическое ядро (Parasolid), но и системы именования топологии и идентификации изменения топологии.

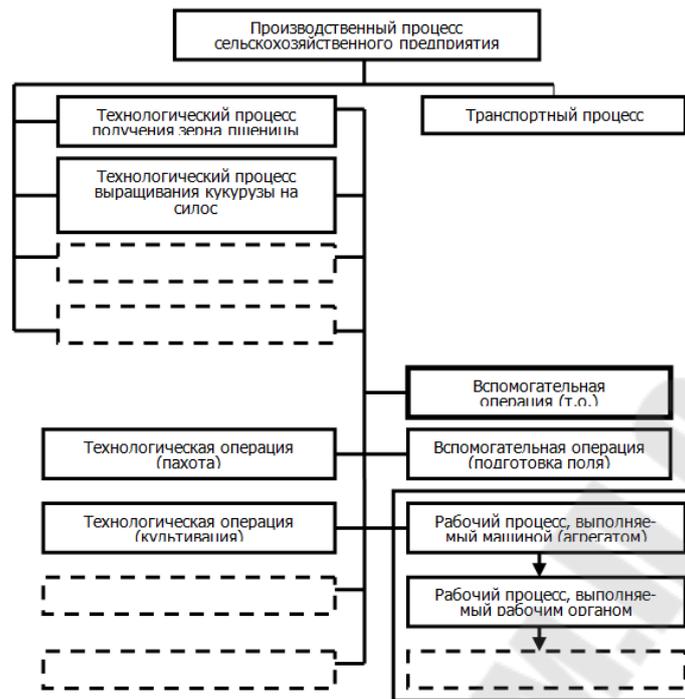


Рис. 1.2. Примерная модель производственного процесса сельскохозяйственного предприятия

САЕ система компании Unigraphics Solutions – система современных средств трехмерного моделирования, формирования сложных сборок, электронного макетирования, воплощения визуальных проектов в реальное изделие. Она содержит в себе технологию, ориентированную на процессы производства сложных технических объектов (автомобилей, самолетов, зерноуборочных комбайнов и инструментов). Unigraphics предоставляет производителю продукции возможность строить полную цифровую модель будущего изделия, необходимую для проектирования и конструирования, инженерного анализа и изготовления.

КОМПАС-3D – новый и постоянно совершенствующийся модуль известного программного комплекса. Начиная с 1998 года компания “АСКОН” (на протяжении уже двадцатилетия известная как поставщик чертежно-графического редактора КОМПАС-ГРАФИК и семейства продуктов под маркой КОМПАС), выпускает на рынок свою систему твердотельного трехмерного моделирования КОМПАС-3D. Ввиду сравнительно невысокой цены КОМПАС-3D его можно рекомендовать для эксплуатации в комплексе с “тяжелыми” и “средними” САПР (например, с пакетом SolidWorks). Подготовленные в КОМПАС-3D модели деталей можно затем передать в смежную систему для последующей их сборки.

Одним из приоритетных направлений развития техники и науки в РБ является ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии в производстве продукции машиностроения, в том числе с/х техники. Повышение ее конкурентоспособности, обеспечение высокого технического уровня, надежности и безопасности во многом связано с развитием следующих научных исследований и прикладных работ:

- разработка и освоение наукоемких технологий, обеспечивающее существенное повышение производительности труда, при одновременном сбережении трудовых, материальных и энергетических ресурсов;

- разработка новой перспективной мобильной техники, опирающейся на внедрение электроники, компьютеров и микропроцессов;

- создание и внедрение в производство новых конструкций (в том числе адаптивных материалов);

- комплексная механизация и автоматизация производства, основанная на использовании автоматизированного проектирования и гибкого управления производственными процессами;

- создание и освоение новых источников энергии, в том числе нетрадиционных;

- разработка и реализация биотехнологий для получения экологического чистого топлива.

В числе основных задач, при разработке перспективной с/х техники рассматриваются: компьютерные модели, позволяющие осуществлять имитационное моделирование и испытание узлов агрегатов и машин, которые способствуют определению (выбору) их оптимальных характеристик; разработка типа размерного ряда, унифицированных бортовых электронных модулей, электрических гидравлических исполнительных механизмов для с/х техники; нетрадиционные (альтернативные) ресурсосберегающие источники энергии, в том числе для пневмоколесных и гусеничных машин; создание гидрообъемных и электрических вариаторов для трансмиссий с/х техники; САПР конструкций и интеллектуально-организованных автоматизированных систем управления производством; манипуляторы и промышленные роботы, программируемые и быстро приспосабливающиеся к изменяющимся условиям эксплуатации; система оперативного диагностирования (без разборки), приводов, гидросистем и несущих конструкций с/х техники; аналитическое оборудование и приборы контроля качества и сертификации продукции, в том числе машиностроительные; система управления и контроля работы машин с применением

спутниковых систем. В области освоения прогрессивных технологий заслуживают внимание: основы получения наноструктурных материалов для силовых элементов конструкции; технологии материалов, с новыми свойствами обеспечивающие создание микро и нано электронных систем и устройств; плазменные технологии для производства высококачественной стали специальных сплавов; получение редких металлов и химического сырья; новые высокоэффективные технологии обработки металлических материалов с использованием импульсных нагрузок и сверхвысоких давлений.

1.2. Система машин для уборки продукции растениеводства

Для решения задач при проектировании требуется большой объем сведений об элементах системы «наука – техника – производство – эксплуатация», влияющих на объект проектирования, а также значительный объем информации, определяющий условия, место, заданные агротехнические требования и ограничения на его функционирование. Причем количество информации и ее характер зависят от многих обстоятельств: назначения проектируемой машины; наличия аналогов; степени изученности отдельных вопросов и т. д.

Информацию, в каждом отдельном случае, необходимо подбирать дифференцированно в зависимости от назначения проектируемой машины и решаемых задач при проектировании.

Наука – сфера человеческой деятельности, функции которой – выработка и теоретическая систематизация объективных знаний о действительности; включает как деятельность по получению нового знания, так и ее результат – сумму знаний, лежащих в основе научной картины мира. Непосредственная цель науки – описание, объяснение и предсказание процессов и явлений действительности, составляющих предмет ее изучения, на основе открываемых ею законов. Проектировщик должен владеть навыками научно-технической деятельности [1].

Большое количество современных научных коллективов приняли участие в разработке отдельных СХМ для растениеводства, животноводства, мелиорации и лесного хозяйства.

В России широко известны научные коллективы институтов РАСХН: ВИМ, СибИМЭ, СЗНИИСЭСХ и др., ОАО ВИСХОМ, ОАО ВНИИКОМЖ и др., вузов РФ – ДГТУ, ЧГАУ, Московский ГАУ им. В. П. Горячкина и др.

В НТЦК ОАО «Гомсельмаш» проводят исследования, приоритетные для регионального и республиканского уровней: разработку новых технологий и оборудования для создания полноценной кормовой базы – изыскание нетрадиционных технологий и технических

средств для производства кормового белка и сбалансированных кормов; обоснование новых технологических принципов обмолота и сепарации, обеспечивающих разработку молотильных аппаратов, сепараторов соломистого и мелкого зернового вороха применительно к современным зернокомбайнам и стационарным комплексам; создание теории системной сепарации, параметрический и структурный синтез машин и агрегатов для поточной очистки зерновых культур, позволившие обосновать и разработать серию новых машин и зерноочистительных агрегатов; разработки по управлению качеством продукции на всех стадиях ее создания, базирующиеся на использовании методов системного анализа и синтеза; обеспечение надежности конструкций сельскохозяйственных машин, биотехнических систем «человек – машина – животное».

Характерным для большинства уборочных процессов является сезонность их выполнения, а также большая изменчивость свойств обрабатываемых материалов. Кроме того, уборочные процессы необходимо проводить в жесткие агротехнические сроки. Все это оказывает большое влияние на характер протекания процессов и предъявляет специфические требования к средствам, необходимым для их выполнения. Многие СХМ не имеют конкретных показателей и строгих критериев качества работы. Очень часто машинами управляют «на глазок» на слух. Поэтому качество уборки во многом зависит от квалификации и опыта обслуживающего персонала. Это вызывает большую напряженность труда, особенно при переходе на повышенные рабочие скорости, когда человек уже не в состоянии длительное время качественно следить за работой агрегата и управлять им. Эффективность хозяйственной эксплуатации уборочных машин в связи с этим значительно снижается.

Уборочные СХМ являются наиболее сложными агрегатами, выполняющими большое число операций (скашивание наземных культур, извлечение из почвы корнеклубнеплодов, снятие с растений плодов, ягод, овощей и других продуктов, а также транспортировка, сепарация, обработка и частичная переработка продуктов уборки).

Эффективность уборочной техники обычно оценивается количеством убранной в единицу времени продукции и ее качеством, а производительность уборочного агрегата в основном определяется пропускной способностью, шириной захвата, скоростью движения. В зависимости от условий уборки производительность уборочных машин необходимо менять в процессе работы, изменяя скорость дви-

жения, ширину захвата и в некоторых случаях – пропускную способность. Для этого уборочные машины должны иметь специальные средства, чтобы можно было осуществлять соответствующие регулировки.

Качество уборки определяется такими показателями, как высота среза, степень выделения убираемого продукта из сопутствующего материала, степень измельчения массы, полнота извлечения корнеклубнеплодов из почвы при допустимом их повреждении, полнота съема хлопка, чайного листа, овощей, плодов и ягод и др. Чтобы поддерживать требуемые значения показателей качества, уборочные машины также должны иметь соответствующие регулирующие органы.

Во время работы уборочные машины непрерывно испытывают со стороны обрабатываемых сред и материалов внешние воздействия, нарушающие внутренние технологические операции. Это оказывает существенное влияние на эффективность выполняемого процесса.

К внешним воздействиям, которые, как правило, носят случайный характер, можно отнести: неровности рельефа поля и рядков убираемых культур, неравномерность урожайности культур по длине гона, засоренность, различие по влажности и другим физико-механическим свойствам убираемых культур и т. д. Учет этих воздействий и соответствующая реакция на них не могут быть запрограммированы. Поэтому требуемая эффективность уборочной машины может быть достигнута благодаря ее приспособливанию к переменным условиям уборки, а также за счет соответствующих настроек и регулировок рабочих органов и механизмов.

Внутренние нарушения технологических операций не только ухудшают качество выполняемого процесса, но вызывают забивания и поломки рабочих и транспортирующих органов и механизмов привода. Внутренние нарушения могут возникать также из-за несоответствия конструктивных параметров рабочих органов машины технологическим требованиям или из-за недостаточной их надежности.

Стремление более полно удовлетворить технологические требования привело к значительному усложнению уборочных машин, введению большого числа тонких регулировок, что требует от обслуживающего персонала повышенного внимания, высокой квалификации и большого опыта работы. Поэтому большинство уборочных машин работает с существенным недоиспользованием их проектных возможностей по производительности и качеству уборки.

Дальнейшее совершенствование конструкций серийных уборочных машин, изыскание новых рабочих органов и технологических процессов, увеличение энергонасыщенности СХМ, повышение их производительности благодаря увеличению пропускной способности, ширины захвата и скорости движения, улучшение комфортабельности, гигиены труда и техники безопасности обслуживающего персонала и некоторые другие мероприятия позволят в ближайшие годы оснастить сельское хозяйство более совершенной уборочной техникой. Однако, как показывает опыт, наиболее эффективно использовать эту технику можно только при условии автоматизации основных технологических операций или целых процессов, выполняемых уборочными машинами. Практикой последних лет доказано, что даже простейшие средства автоматизации позволяют существенно снизить затраты труда и его напряженность вследствие сокращения ручных операций по управлению машиной, позволяют более объективно оценивать технологические изменения в работе машины и своевременно их ликвидировать и, тем самым, повысить производительность и качество уборочных работ.

1.3. Основы методики проектирования уборочных машин

Диалектико-материалистическая теория познания вскрыла природу знания, обосновывая ее посредством принципа отражения. Знание представляет собой адекватное отражение действительности в сознании человека, проверенное общественно-исторической практикой и удостоверенное логикой. Знание не дано изначально, а приобретается человеком в ходе жизни в обществе, является результатом познания, которое можно определить как процесс обогащения новым знанием. Исследователь стремится к познанию мира – предметов, явлений, закономерностей их развития, взаимосвязей между ними, причин и следствий таких связей для получения объективных сведений о действительности и пользуется при этом научными методами.

Метод – совокупность приемов и операций практического и теоретического освоения действительности. Основное содержание методов науки составляют, прежде всего, научные теории, проверенные практикой. Развитие и дифференциация методов мышления в ходе развития познания привели к учению о методах – методологии.

Эмпирические знания характеризуют непосредственно объект и выводятся в основном из опыта (наблюдений, эксперимента) путем некоторой рациональной обработки. Примером служат численные результаты эксперимента, обработанные методом математической статистики и представленные в виде математических моделей так называемых эмпирических уравнений или формул.

Теоретические знания всесторонне характеризуют объективную реальность в ее существенных связях и закономерностях и связаны с совершенствованием и развитием аналитического аппарата науки. Эти значения могут быть получены и в относительной независимости от опыта, например, посредством введения гипотетических допущений или теоретических моделей.

Эмпирические и теоретические уровни познания тесно связаны между собой, так как теоретические построения возникают на основе обобщения имеющихся знаний, в том числе и полученных из наблюдений, экспериментов, и, в свою очередь, ориентируют эмпирическое исследование. Развитие познания предполагает непрерывное взаимодействие опыта и теории. Однако конечной целью научного познания является не эксперимент, а теория. Степень развития науки определяется не столько количеством добытых эмпирических знаний, сколько полнотой и достоверностью выдвинутых и достаточно обоснованных теорий.

Отсутствие возможностей воздействовать на изучаемый объект при наблюдении привело к тому, что основным методом эмпирического познания стал эксперимент.

Эксперимент – это метод познания, при помощи которого в контролируемых и управляемых условиях исследуются явления действительности. Слово эксперимент происходит от латинского *experimentum* – проба, опыт. Эксперимент, как и производственная деятельность людей, составляет основной элемент практики, познания реальной деятельности. Понятие «эксперимент» означает научно поставленный опыт или пробу, когда исследователь осуществляет проведение искусственно вызванного им явления в точно учитываемых условиях, позволяющих следить за его развитием, управлять им, воссоздавать его каждый раз при сохранении тех же условий. Различают физический и математический эксперименты.

Физический эксперимент может быть лабораторным или производственным в зависимости от того, выполняется он на лабораторном

оборудовании или на промышленной машине или агрегате при их промышленной эксплуатации.

Когда в связи с особыми свойствами объекта исследования непосредственное его изучение затруднено, прибегают к моделированию. Моделирование – это метод исследования объектов познания на их моделях, которые являются аналогами (заместителями) оригинала в познании и практике.

Математический эксперимент проводят на математических моделях, описывающих какие-либо физические объекты или процессы. Физические и математические эксперименты дополняют друг друга, делают процесс получения информации об объекте исследования менее трудоемким и более экономичным.

Одновременно с проведением либо по окончании наблюдения или эксперимента исследователь в качестве орудия познания привлекает мышление. Основными видами мыслительной деятельности при выполнении исследований и обсуждении их результатов являются анализ и синтез.

Анализ есть мысленное разложение предмета или явления на составляющие его части или стороны, более простые, с целью их глубокого изучения. Так, анализ процесса сепарации сыпучих материалов на решетных сепараторах по размерам включает следующие процессы: относительные перемещения по решетку; процесс самосортирования (опускания в слое приходящих компонентов); процесс ориентации приходящих компонентов относительно отверстий решета и его проход. Следовательно, для управления процессом с целью повышения эффекта сепарации необходимо изучать каждый из этих процессов.

Синтез – мысленное объединение расчлененных анализом элементов. После изучения каждого из процессов, указанных в вышеприведенном примере, осуществляется их синтез, соединение этих процессов, устанавливается их взаимное влияние и получается общее, более полное представление о наблюдаемом процессе.

В зависимости от соотношения эмпирического и теоретического уровней назначения при изучении предметов, явлений различают два основных метода познания: дедуктивный и индуктивный.

Дедукция есть процесс аналитического рассуждения от общего к частному или менее общему. Наиболее характерным видом дедукции является аксиоматический метод, при котором основные утверждения выводятся логически путем на базе одной или нескольких аксиом, принятых исходных положений или постулатов.

– раскрыть те объективные связи и соотношения, которые могут быть главными для изучаемого явления.

Индукция – это процесс выведения общего положения из наблюдения ряда единичных величин. Индуктивный метод может быть представлен в виде следующих основных его элементов:

- 1) восприятие явления путем наблюдения или эксперимента;
- 2) построение на основе обсуждения имеющихся данных рабочей гипотезы, механизма явления, процесса, которые разъясняют все частные известные явления;
- 3) построение математической теории, гипотезы или математического описания механизма процесса в целом;
- 4) проверка теории на практике, которая служит критерием истинности разработанной теории.

Одним из этапов исследования является разработка гипотезы.

Гипотеза – это научное допущение или предложение, истинное значение которого не определено. Задача гипотезы ащается либо в достоверную теорию, либо в достоверное значение определенного факта. При решении инженерных задач гипотеза используется как формулировка или предложение возможного пути поиска. Следовательно, любой инженерный эксперимент должен выполняться только при наличии первоначальной гипотезы. В ряде случаев выдвижение гипотезы происходит через интуицию.

Интуиция – способность постижения истины путем прямого ее усмотрения без обоснования с помощью доказательств. Она представляет собой своеобразный тип мышления, когда отдельные звенья процесса мышления проносятся более или менее бессознательно, а предельно ясно осознается именно итог мысли – истина. Интуиции бывает достаточно для усмотрения истины, но ее недостаточно, чтобы убедить в этой истине других и самого себя. Для этого необходимо доказательство. Интуиция возможна, как правило, лишь при наличии определенных знаний и большого опыта теоретического и практического мышления.

При обсуждении результатов экспериментов, выдвижении гипотез в процессе мышления у исследователя возникают идеи.

Идея – это мысль, которая, достигая высокой степени объективности, полноты и конкретности, в то же время нацелена на практическую реализацию. Идея – это отражение действительности и целевого устремления. Генерация идей должна быть неотъемлемой особенно-

стью мышления исследователя, так как без новых идей невозможно развитие науки и техники.

Научно-техническая деятельность – деятельность, направленная на получение, применение новых знаний для решения технических, инженерных, экономических, социальных, гуманитарных и иных проблем, обеспечения функционирования науки, техники и производства как единой системы.

Экспериментальные разработки – деятельность, которая основана на знаниях, приобретенных в результате проведения научных исследований или на применении практического опыта, и направлена на сохранение жизни и здоровья человека, создание новых материалов, продуктов, процессов, устройств, услуг, систем или методов и их дальнейшее совершенствование.

1.4. Компоновка зерноуборочных комбайнов

1.4.1. Способы уборки зерновых культур и агротехнические требования

Способы уборки. В зависимости от климатических условий, состояния стеблестоя, урожайности и других факторов применяется прямое комбайнирование или раздельная уборка. Оба способа хорошо дополняют друг друга. Важно умело их использовать и ими маневрировать.

Прямое комбайнирование включает скашивание стеблестоя с одновременным обмолотом скошенной хлебной массы и разделением ее на зерно, солому и полову. В Беларуси прямым комбайнированием убирают 80–90 % площадей зерновых. Прямое комбайнирование применяют:

- для уборки чистых хлебов, достигших полной зрелости;
- на уборке полеглых хлебов;
- на уборке редких и низкорослых хлебов, когда валок не может удерживаться на стерне.

Варианты **раздельного способа** уборки: типичная раздельная уборка и двухфазная.

Типичная раздельная уборка – это когда хлеба скашивают жатками в валки и спустя 3–4 дня валки подбирают и обмолачивают. При раздельной уборке продолжительность нахождения массы в валке не должна превышать 5 дней.

Двухфазная уборка – это когда скошенные в валки хлеба подбieraют и обмолачивают в день скашивания.

Важными условиями повышения эффективности уборки зерновых являются высокая культура земледелия, соблюдение оптимальных сроков уборки, применение прогрессивных технологий и форм организации работ. При этом можно выделить технологические, технические и организационные условия. Правильное сочетание раздельной уборки и прямого комбайнирования зачастую позволяет повысить производительность техники, сократить сроки уборки, уменьшить потери зерна и сохранить его качество.

Типичная раздельная уборка эффективна, если соблюдаются условия: благоприятный прогноз сухой погоды, начало совпадает с концом восковой спелости, густота стеблестоя не менее 350 растений на 1 м², высота не меньше 70 см, урожайность зерна не менее 25 ц/га. Скашивание ведут на высоте среза 18–25 см с таким расчетом, чтобы толщина валка не превышала 20–25 см. Продолжительность скашивания от трех до пяти дней. Лучший результат получается, если скашивание выполняют в начале и в конце дня (меньше выбивается зерна). Основное требование – подбор валков спустя 3–4 дня после скашивания. Затягивание недопустимо. Можно применять на озимых, ячмене, зернобобовых, гречихе.

Двухфазная уборка не требует перечисленных «тепличных» условий. Ее назначение – обеспечить и облегчить уборку в сложных условиях неустойчивой погоды, сильной полеглости и засоренности. Единственное требование – валки должны быть подобраны и обмолачены в день скашивания. Скашивание выполняют жатками с шириной захвата до 4 м, приспособленными для уборки длинностебельных, влажных и полеглых хлебов. Лучшие результаты получают при применении бобовых жаток (ЖБР-4,2, ЖСБ-4,2) а также ЖСК-4В.

Применяют на любых культурах в фазе восковой и полной спелости. Важно, чтобы объемы убираемых раздельным способом хлебов были соизмеримы с возможностями подбора валков в отведенные сроки (наличием комбайнов с подборщиками, их работоспособностью).

Основное требование – обеспечение агротехнически допустимого качества уборки, обусловленного величиной допустимых потерь зерна.

Агротехнические требования к уборке зерна. Потери зерна за валковой жаткой допускаются до 0,5 %. Валки должны быть подобраны полностью.

Допустимые потери зерна за подборщиком – до 1 %, за молотилкой комбайна – не более 1,5 %. Дробление фуражного зерна при обмолоте допускается не более 2 %, семенного – не более 1 %. Дробление зернобобовых и крупяных культур не должно превышать 3 %.

Прямое комбайнирование начинают, когда 90–95 % зерна находится в конце восковой – начале полной спелости, а стебли пожелтели. Влажность зерна должна быть не больше 20 %. Высоту среза устанавливают в зависимости от густоты, состояния растений и длины стеблей. Для поникших растений высоту среза уменьшают на 10–30 %, а для хлебов с подсевом многолетних трав или зеленым подгоном ее устанавливают не менее 18–20 см.

Чистота зерна в бункере при уборке незасоренных хлебов должна быть не ниже 95 %.

Потери зерна в соломе и полове не должны превышать 1 %, за жаткой при скашивании прямостоящих хлебов – 1 %, а полеглих и поникших – 1,5 %.

Допустимые общие потери зерна при уборке отдельным способом не должны превышать 2,5 % на прямостоячем стеблестое и 3,5 % на полеглом, а при прямом комбайнировании – 2 % для прямостоячего хлебостоя и 3 % для полеглого.

Важно провести уборку в лучшие агротехнические сроки, так как при затягивании сроков зерно осыпается, к тому же увеличиваются его потери за комбайнами. Попытки значительно сократить сроки уборки за счет увеличения количества уборочной техники приводят к увеличению расходов на дополнительное приобретение техники, ее эксплуатацию и амортизацию. Поэтому необходимо определить наилучшие сроки уборки и состав комбайнового парка. Несмотря на широкое использование, постоянное совершенствование и модернизацию зерноуборочных комбайнов и других машин, входящих в уборочный комплекс, традиционные технологии уборки имеют существенные недостатки.

При влажности зерна 17–22 % создаются наиболее благоприятные условия для качественной уборки (кондиционная влажность – 14–15 %).

Засоренность посевов отрицательно сказывается на работе зерноуборочной техники. При наличии зеленых сорняков увеличиваются

потери и влажность зерна. Засоренность оценивают по количеству сорных растений в срезанной хлебной массе. Засоренность в зоне среза до 5 % не влияет на работу зерноуборочной техники. При засоренности 5–26 % увеличиваются потери зерна, но уборка возможна на пониженной скорости и при соблюдении режимов работы. Если засоренность посевов превышает 26 %, то качественная работа уборочных машин невозможна. Поэтому борьба с засоренностью посевов – важнейший резерв повышения урожайности и эффективности использования зерноуборочных машин.

Общее устройство и принцип работы комбайнов

Зерноуборочные комбайны предназначены для уборки зерновых колосовых культур. Комбайнами, оборудованными специальными приспособлениями, убирают кукурузу на зерно, просо, гречиху, рапс, подсолнечник, сою, семенные посевы трав, семенники сахарной свеклы, овощных и лекарственных культур.

Уборка этих культур сопровождается выполнением комбайнами следующих технологических процессов:

- скашивание или подбор стеблей из валков и транспортирование их в уборочной машине;
- вымолот зерна из колосьев и сепарация его из соломы;
- очистка зерна от примесей и транспортировка его в бункер;
- сбор соломы в цельном, измельченном, прессованном виде или разбрасывание ее на поле.

Зерноуборочный комбайн – машина, которая скашивает и обмолачивает хлеб, подает зерно в бункер, собирает солому и полосу в копнитель или сбрасывает на поле. Зерноуборочный комбайн убирает зерновые, зернобобовые, масличные культуры, семенники трав, люпин, кукурузу на зерно и т. д. по методу прямого комбайнирования (одновременно скашивают и обмолачивают хлеб) или по методу раздельного, двухфазного комбайнирования (скашивают жаткой стебли и укладывают в валок, а затем подбирают и обмолачивают валки).

Различают *самоходные* и *прицепные* зерноуборочные комбайны. Рабочие органы прицепного зерноуборочного комбайна, буксируемого трактором, приводятся в действие от установленного на комбайне двигателя или от вала отбора мощности трактора. Самоходный зерноуборочный комбайн перемещается от двигателя, который приводит в действие все рабочие органы. Наиболее распространены самоходные комбайны.

По типу молотильно-сепарирующих рабочих органов комбайны делят на две группы: с классической и аксиально-роторной молотилкой.

Устройство. Комбайн состоит из жатки, молотилки, копнителя, бункера, двигателя, кабины или площадки с органами управления и ходовой части; при отдельной уборке на жатке монтируют подборщик (рис. 1, а).

Принцип работы классического зерноуборочного комбайна заключается в следующем (рис. 1.3 а). Режущий аппарат жатки срезает стебли, а мотовило укладывает их на платформу жатки. Двусторонний шнековый транспортер перемещает стебли к середине платформы, к пальчиковому механизму, подающему массу к наклонному транспортеру, который переносит ее в приемную камеру молотилки. Приемный битер молотильного аппарата равномерно подает стебли в молотильный аппарат. Вращающийся барабан во взаимодействии с подбарабаньем обмолачивает зерно. Основная часть вымолоченного зерна и мелкие примеси просыпаются сквозь просветы подбарабанья на транспортную доску.

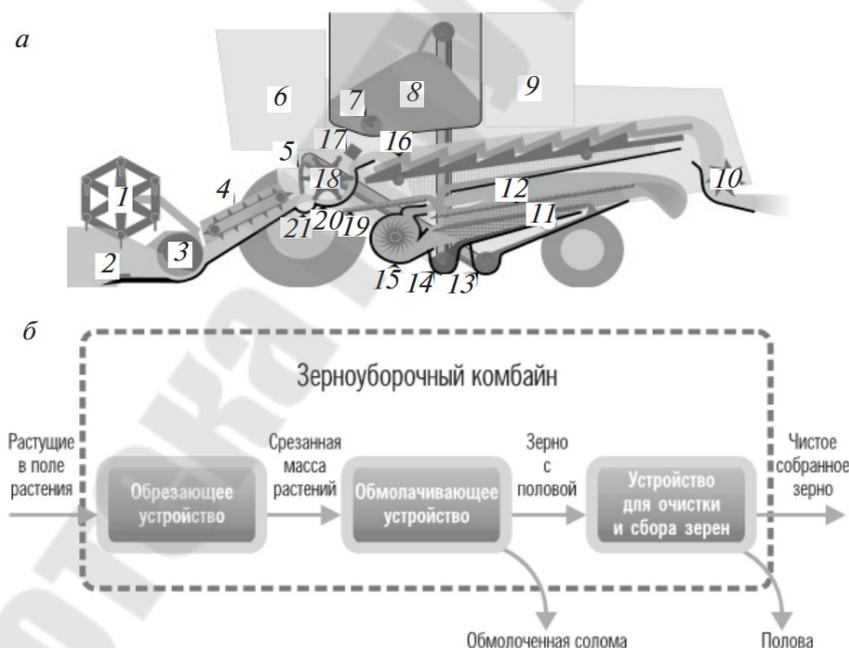


Рис. 1.3. Устройство классического зерноуборочного комбайна:

- а – схема рабочего процесса; б – принципиальная технологическая схема;
 1 – мотовило; 2 – режущий аппарат; 3 – шнек; 4 – транспортер; 5 – колосовой элеватор; 6 – кабина; 7 – выгрузной шнек; 8 – бункер; 9 – двигатель;
 10 – соломоизмельчитель; 11 – нижнее решето; 12 – верхнее решето;
 13 – колосовой шнек; 14 – зерновой шнек; 15 – вентилятор; 16 – соломотряс;
 17 – отбойный битер; 18 – молотильный барабан; 19 – стрясная доска;
 20 – подбарабанье; 21 – камнеуловитель

Барaban выбрасывает солому с оставшимся зерном на прутковую решетку. Отбойный битер сбрасывает солому на решетчатый соломотряс, выделяющий оставшееся зерно и мелкие примеси. Солома поступает в камеру копнителя, по заполнении которой комбайнер специальным механизмом опускает днище, и копна сползает на землю. Транспортная доска подает смесь на верхнее решето очистки. Вентилятор нагнетает под решета очистки струю воздуха. Верхнее решето очистки выделяет крупные, а также легкие примеси, которые воздушным потоком направляются в камеру копнителя. Зерно просыпается на нижнее решето очистки, выделяющее оставшиеся примеси. Очищенное зерно по скатной доске сыпается в кожух шнекового транспортера, подающий зерно в бункер.

При отдельной уборке для обмолота хлеба, подсушенного в валках, на жатке крепят (сняв мотовило) подборщик, который сбрасывает валок на наклонный транспортер, перемещающий подобранные стебли в приемную камеру молотилки. Вместо копнителя на зерноуборочный комбайн можно навесить измельчитель соломы, подающий измельченные стебли вместе с половой в прицеп-тележку.

Для управления комбайном на ходу и регулировки его рабочих органов служит гидравлическая система, которой поднимают и опускают жатку, перемещают мотовило и изменяют число его оборотов, а также скорость движения комбайна. Механизмы управления и контрольные приборы размещены на площадке комбайнера.

Известны модификации комбайнов, предназначенные для работы в различных почвенно-климатических зонах, на почвах различного состава и влажности. Кроме того, для уборки семенников трав, кукурузы на зерно, гречихи, проса, масличных, бобовых и других культур выпускаются приспособления, монтируемые на зерноуборочный комбайн. При работе на почвах повышенной влажности вместо ведущих колес устанавливаются гусеничные движители. Некоторые зерноуборочные комбайны для уборки риса снабжены вторым молотильным аппаратом штифтового типа. Масса, обмолоченная штифтовым аппаратом, поступает для домолота в бильный молотильный аппарат.

Комбайны «Палессе GS»

В Республике Беларусь основу комбайнового парка составляют комбайны зерноуборочные самоходные КЗС-10К «ПАЛЕССЕ GS10» и КЗС-1218 «ПАЛЕССЕ GS12». Они предназначены для прямой и отдельной уборки зерновых колосовых культур, а с применением комплектов оборудования или специальных приспособлений, постав-

ляемых по отдельному заказу, – для уборки кукурузы на зерно, подсолнечника, зернобобовых, крупяных культур, семенников трав и рапса на равнинных полях с уклоном до 8°.

Комбайны производят срез убираемой культуры, ее обмолот, сепарацию и очистку зерна, накопление зерна в зерновом бункере с последующей выгрузкой в транспортное средство, а также обеспечивают уборку незерновой части урожая по следующим технологическим схемам:

- укладка соломы в валок;
- измельчение и разбрасывание соломы по полю.

Обе модели комбайнов комплектуются одинаковыми жатками захватом 6 или 7 м. Ширина молотилки составляет 1500 мм, диаметр основного молотильного аппарата – 800 мм. Устройство систем очистки и некоторых других систем обеих моделей тоже аналогично. Существенное отличие имеется в конструкции молотильных аппаратов: комбайн КЗС-10К оснащен одним молотильным барабаном с отбойным битером, комбайн КЗС-1218 – двумя молотильными барабанами и отбойным битером.

На комбайнах КЗС-10К устанавливаются двигатели ЯМЗ-238БК-2 мощностью 213 кВт или двигатель Д-260.7С-504 мощностью 184 кВт.

Комбайны КЗС-1218 оборудуются тремя типами двигателей:

- ЯМЗ-238ДЕ-22 мощностью 234 кВт;
- ЯМЗ-238ДЕ2-27 мощностью 246 кВт;
- International DTA 530E (1-308) мощностью 246 кВт.

Технологический процесс работы комбайна КЗС-10К «ПАЛЕССЕ GS10» при прямом комбайнировании осуществляется следующим образом (рис. 1.4). При движении комбайна лопасти мотовила жатки для зерновых культур захватывают и подводят порции стеблей к режущему аппарату, а затем подают срезанные стебли к шнеку 19. Пальчиковый механизм шнека захватывает их и направляет в окно жатки, из которого масса отбирается к транспортеру наклонной камеры, который подает поток хлебной массы в молотильный аппарат к молотильному барабану. В процессе обмолота зерно, солома и мелкий солоmistый ворох просыпаются через решетку подбарабанья на стрясную доску, остальной ворох отбрасывается отбойным битером на соломотряс, на клавишах которого происходит дальнейшее выделение зерна из солоmistого вороха.

Солома транспортируется клавишами соломотряса к заднему капоту, с которого в зависимости от настройки соломоизмельчителя формируется в валок или измельчается ротором соломоизмельчителя и через дефлектор разбрасывается по полю. Полова и легкие примеси воздушным потоком вентилятора выдуваются из очистки на поле.

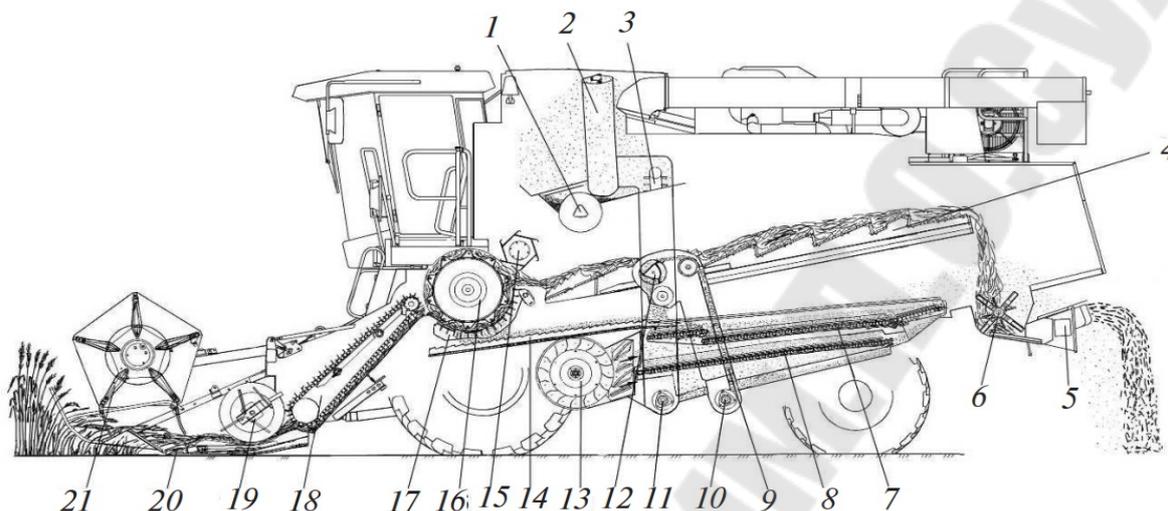


Рис. 1.4. Схема технологического процесса работы комбайна КЗС-10К «ПАЛЕССЕ GS10»

1 – шнек горизонтальный; 2 – шнек загрузной зерновой; 3 – элеватор зерновой; 4 – соломотряс; 5 – дефлектор; 6 – соломоизмельчитель; 7 – верхний решетный стан; 8 – нижний решетный стан; 9 – элеватор колосовой; 10 – шнек колосовой; 11 – шнек зерновой; 12 – домолачивающее устройство; 13 – вентилятор; 14 – стрясная доска; 15 – отбойный битер; 16 – барабан молотильный; 17 – подбарабанье; 18 – транспортер наклонной камеры; 19 – шнек; 20 – режущий аппарат; 21 – мотовило

Зерновая смесь, попавшая на стрясную доску, подается на решетные станы очистки, откуда очищенное зерно ссыпается через поддон к шнеку зерновому 11 и загружается в бункер элеватором зерновым и шнеком загрузным 2. После заполнения бункера зерно выгружается шнеком 2 в транспортное средство.

Технологический процесс работы комбайна КЗС-1218 «ПАЛЕССЕ GS12» при прямом способе уборки урожая осуществляется следующим образом (рис. 1.5). При движении комбайна лопасти мотовила жатки для зерновых культур захватывают и подводят порции стеблей к режущему аппарату, а затем подают срезанные стебли к шнеку 21. Пальчиковый механизм шнека захватывает их и направляет в окно жатки, из которого масса отбирается к транспортеру наклонной камеры, который подает поток хлебной массы в молотильный аппарат к барабану-ускорителю, а затем к молотильному барабану. В процессе обмолота зерно, солома и мелкий соломистый ворох про-

сыпаются через решетку подбарабannya на стрясную доску, остальной ворох отбрасывается отбойным битером на соломотряс, на клавишах которого происходит дальнейшее выделение зерна из соломистого вороха.

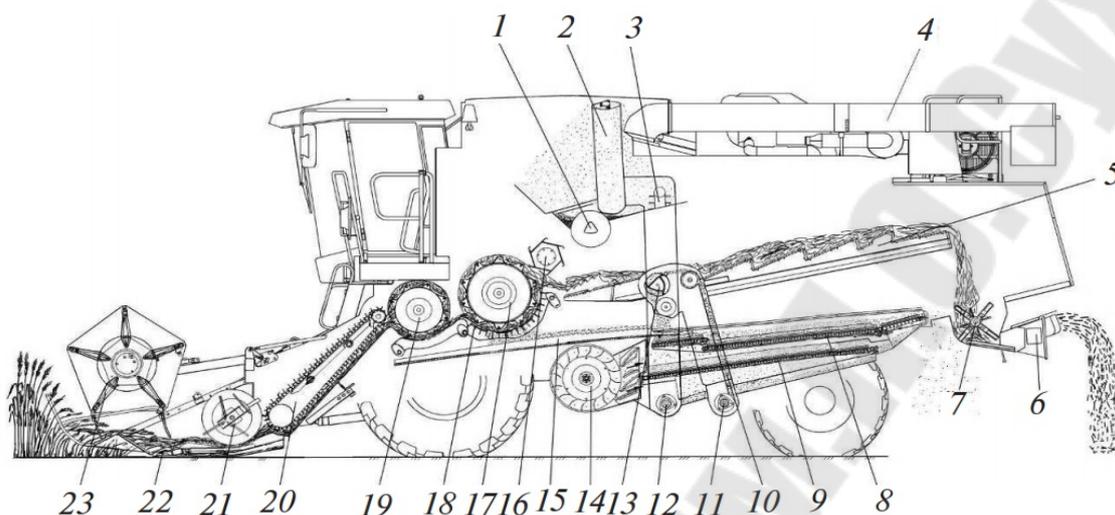


Рис. 1.5. Схема технологического процесса работы комбайна КЗС-1218 «ПАЛЕССЕ GS12»

1 – шнек горизонтальный; 2 – шнек загрузной зерновой; 3 – элеватор зерновой; 4 – шнек выгрузной; 5 – соломотряс; 6 – дефлектор; 7 – соломоизмельчитель; 8 – верхний решетный стан; 9 – нижний решетный стан; 10 – элеватор колосовой; 11 – шнек колосовой; 12 – шнек зерновой; 13 – домолачивающее устройство; 14 – вентилятор; 15 – стрясная доска; 16 – отбойный битер; 17 – барабан молотильный; 18 – подбарабанье; 19 – барабан-ускоритель; 20 – транспортер наклонной камеры; 21 – шнек; 22 – режущий аппарат; 23 – мотовило

Солома транспортируется клавишами соломотряса к заднему капоту, с которого в зависимости от настройки соломоизмельчителя формируется в валок или измельчается ротором соломоизмельчителя и через дефлектор разбрасывается по полю.

Полова и легкие примеси воздушным потоком вентилятора выдуваются из очистки на поле.

Зерновая смесь, поступающая на стрясную доску, попадает на решетные станы очистки, откуда очищенное зерно ссыпается через поддон к шнеку зерновому 12 и загружается в бункер элеватором зерновым и шнеком загрузным 2. После заполнения бункера зерно выгружается в транспортное средство шнеком 4.

Процесс раздельного способа уборки урожая при работе обоих типов комбайнов отличается от прямого тем, что стебельную массу убираемой культуры сначала скашивают в валки, а затем с помощью

навешиваемого на комбайн подборщика валки подбирают и обмолачивают таким же образом, как описано выше.

1.5 Формирование функциональной математической модели (ФММ) режущего аппарата адаптера

На плоскости геометрическая модель режущего аппарата (РА) адаптера представляется в виде кривошипно-шатунного механизма. Схема кривошипно-шатунного механизма приведена на рис. 1.6

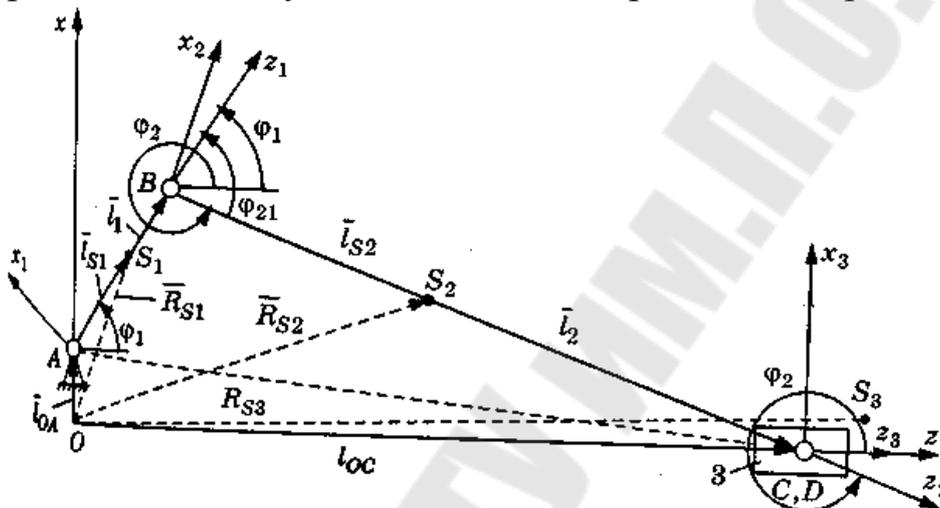


Рис. 1.6. Определение кинематических характеристик кривошипно-шатунного механизма (РА)

Условие замкнутости кинематической цепи кривошипно-шатунного механизма представим векторным уравнением:

$$\vec{l}_1 + \vec{l}_2 + \vec{l}_{OC} + \vec{l}_{OA} = 0. \quad (1)$$

Зависимость перемещения выходного звена от обобщенной координаты, скорости его и ускорения определяются из рассмотрения проекций векторного уравнения (1) на выбранные оси:

$$\left. \begin{aligned} l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2 = l_{OC} = z_C \\ l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \sin \varphi_2 + l_{OA} = 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Откуда:

$$\sin \varphi_2 = -\frac{l_{OA} + l_1 \sin \varphi_1}{l_2}; \quad (3)$$

$$\cos \varphi_2 = a_1 \sqrt{1 - \sin^2 \varphi_2}; \quad (4)$$

$$a_1 = \begin{cases} +1 & \text{при } l_{OC} > l_{OA}, \\ -1 & \text{при } l_{OC} < l_{OA}, \end{cases} \quad (5)$$

$$z_C = l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \sqrt{1 - \left(\frac{l_{OA} + l_1 \sin \varphi_1}{l_2} \right)^2}. \quad (6)$$

Дифференцирование по φ_1 уравнений (2) дает:

$$-l_1 \sin \varphi_1 - i_{21} l_2 \sin \varphi_2 = z'_C, \quad (7)$$

$$l_1 \cos \varphi_1 + i_{21} l_2 \cos \varphi_2 = 0. \quad (8)$$

Откуда:

$$z'_C = \frac{dx_C}{d\varphi_1} = \frac{v_C}{\omega_1} = l_1 \frac{\sin(\varphi_2 - \varphi_1)}{\cos \varphi_2}; \quad (9)$$

$$i_{21} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{d\varphi_2}{d\varphi_1} = -\frac{l_1 \cos \varphi_1}{l_2 \cos \varphi_2}. \quad (10)$$

где i_{21} – передаточная функция (аналог скорости звеньев).

Второе дифференцирование по φ_1 уравнения (2) дает:

$$-l_1 \cos \varphi_1 - i'_{21} l_2 \sin \varphi_2 - i_{21}^2 l_2 \cos \varphi_2 = z''_C, \quad (11)$$

$$-l_1 \sin \varphi_1 + i'_{21} l_2 \cos \varphi_2 - i_{21}^2 l_2 \sin \varphi_2 = 0. \quad (12)$$

Откуда:

$$\varphi_2'' = i'_{21} = \frac{l_1 \sin \varphi_1 + i_{21}^2 l_2 \sin \varphi_2}{l_2 \cos \varphi_2}, \quad (13)$$

$$z''_C = l_1 \frac{(i_{21} - 1) \cos(\varphi_2 - \varphi_1) \cos \varphi_2 - i_{21} \sin \varphi_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_1)}{\cos^2 \varphi_2}. \quad (14)$$

Координаты, проекции векторов скорости и ускорения точки А можно определить по формулам:

$$z_A = l_1 \cos \varphi_1; \quad (15)$$

$$z'_A = -l_1 \omega_1 \sin \varphi_1; \quad (16)$$

$$z''_A = -l_1 (\omega_1^2 \cos \varphi_1 + \varepsilon_1 \sin \varphi_1). \quad (17)$$

Координаты, проекции векторов скорости и ускорения центра масс:

$$x_{S_2} = x_A + l_{AS_2} \cos \varphi_2; \quad (18)$$

$$y_{S_2} = y_A + l_{AS_2} \sin \varphi_2; \quad (19)$$

$$x'_{S_2} = -l_1 \sin \varphi_1 - i_{21} l_{AS_2} \sin \varphi_2; \quad (20)$$

$$y'_{S_2} = l_1 \cos \varphi_1 + i_{21} l_{AS_2} \cos \varphi_2; \quad (21)$$

$$x''_{S_2} = -l_1 \cos \varphi_1 - l_{AS_2} i'_{21} \sin \varphi_2 - l_{AS_2} i_{21}^2 \cos \varphi_2; \quad (22)$$

$$y''_{S_2} = -l_1 \sin \varphi_1 - l_{AS_2} i_{21}^2 \sin \varphi_2 + l_{AS_2} i'_{21} \cos \varphi_2. \quad (23)$$

Инерционные нагрузки в режущем аппарате адаптера

Кроме внешнего воздействия со стороны выходного звена исполнительного механизма и приводного момента, приложенного к входному звену механизма, существенное влияние оказывают инерционные нагрузки. Силы и моменты сил инерции отдельных звеньев во многом определяют колебания таких механизмов и оказывают влияние на работоспособность самой машины. Проблемы виброзащиты таких механизмов и машин от колебаний связаны с уравниванием инерционных нагрузок отдельных звеньев и механизмов в целом. Как известно, внешнее воздействие на опоры определяется как силами, так моментами сил инерции. Таким образом, и крутильные колебания, рассмотренные ранее, и линейные колебания зависят от силы и моментной неуравновешенности. Другими словами, неуравновешенность механизмов проявляется в изменении реактивных сил и моментов в функции обобщенных координат, в изменении этих сил и моментов по величине и по направлению. Поэтому для выявления характера изменения векторов реактивных сил и моментов необходимо рассматривать изменение их составляющих на оси некоторых систем координат. Такой подход требует анализа взаимовлияния кинематических, геометрических и массовых характеристик на величину и направление главного вектора сил инерции и главного момента. Эта взаимосвязь прослеживается при анализе траектории центра масс механизма и закона его движения вдоль траектории. Иными словами, решение задачи об исследовании характера изменения реактивных сил и моментов может быть получено при использовании некоторой динамической модели механизма, для которой в качестве функциональной математической модели (ФММ) были бы пригодны известные уравнения теоретической механики.

На рис. 1.7 представлена пространственная схема механизма с тремя подвижными звеньями.

В качестве обобщенной координаты принят угол φ_1 поворота звена 1. Вектор $m\vec{l}_{AS}$ определяет положение точки S, совпадающей с центром масс всего механизма, в системе координат хуз. Величина и направление этого вектора определяются для рассматриваемого случая из векторного равенства:

$$m\vec{l}_{AS} = m_1\vec{l}_{AS_1} + m_2\vec{l}_{AS_2} + m_3\vec{l}_{AS_3} \quad (24)$$

где $m_2\vec{l}_{AS_1} = m_2(\vec{l}_1 + \vec{l}_{BS_2})$; $m_3\vec{l}_{AS_3} = m_3(\vec{l}_1 + \vec{l}_2 + \vec{l}_{CS_3})$.

Величины масс каждого звена механизма удобно анализировать из рассмотрения выражения (24), записанного в виде:

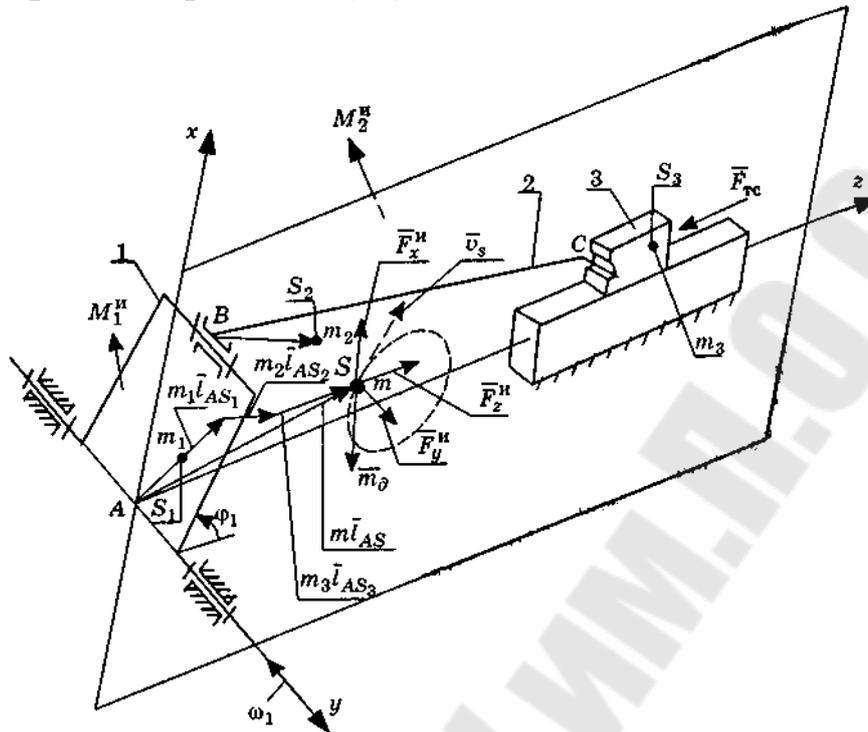


Рис. 1.7. Пространственная схема динамических нагрузок кривошипно-шатунного механизма

$$\bar{l}_{AS} = k_1 \bar{l}_{AS_1} + k_2 \bar{l}_{AS_2} + k_3 \bar{l}_{AS_3}, \quad (25)$$

где $k_1 = \frac{m_1}{m}$, $k_2 = \frac{m_2}{m}$, $k_3 = \frac{m_3}{m}$.

Таким образом, главный вектор $\bar{F}_S^{\text{И}} = -m\bar{a}_S$ сил инерции механизма определяется силами инерции точки S, которая движется по траектории, описываемой уравнением (25). Его величина и направление определяются законом движения точки S, совпадающей с центром масс всего механизма. Такое моделирование суммарного воздействия сил инерции отдельных звеньев представляет возможность свести динамическую задачу к кинематике точки и переход к динамике осуществить путем простого перемножения суммарной массы m подвижных звеньев механизма на ускорение a_S точки S. Однако приведенная на рис.1.7 динамическая модель механизма отражает только особенности поступательного движения звеньев 1, 2, 3 как некоторых точек, в которых сосредоточены их массы m_1 , m_2 , m_3 .

Таким образом, плоским с точки зрения кинематики будет механизм, у которого векторы угловых скоростей звеньев $\bar{\omega}_i$; всегда оста-

ются перпендикулярными векторам скорости \bar{v}_{S_i} их центров масс. Такие механизмы могут быть отнесены к плоским с точки зрения распределения сил инерции только в случае, если центробежные моменты инерции их звеньев будут равны нулю относительно соответствующих осей. На рис. 1.8 представлена схема, поясняющая положение центра масс плоского механизма в зависимости от обобщенной координаты φ_1 .

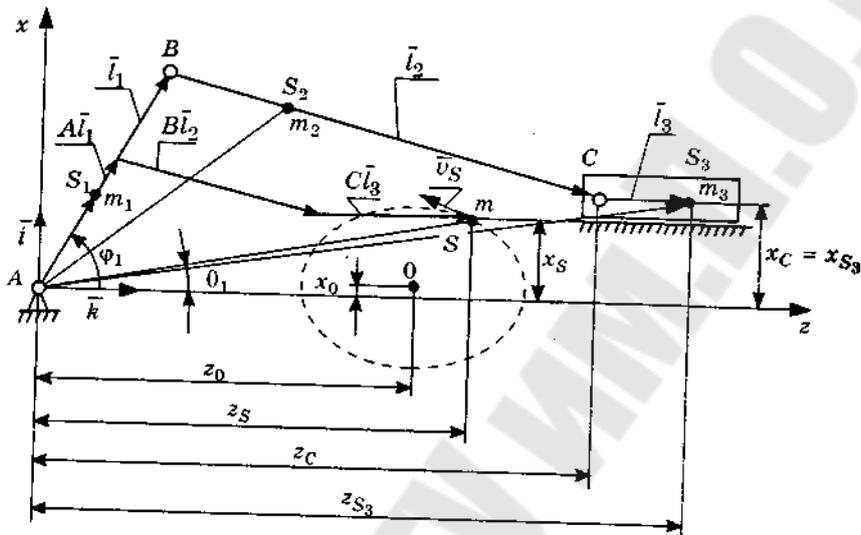


Рис. 1.8. Определение траектории центра масс механизма

Из рис 1.8 видно, что уравнение (25) можно представить в виде

$$\begin{aligned} \bar{l}_{AS} &= k_1 \bar{l}_{AS_1} + k_2 (\bar{l}_1 + \bar{l}_{BS_2}) + k_3 (\bar{l}_1 + \bar{l}_2 + \bar{l}_3) = \\ &= \left(\frac{1}{a} k_1 + k_2 + k_3 \right) \bar{l}_1 + \left(\frac{1}{b} k_2 + k_3 \right) \bar{l}_2 + k_3 \bar{l}_3. \end{aligned} \quad (26)$$

Введем следующие обозначения:

$$\begin{aligned} a &= \frac{l_1}{l_{AS}}, \quad b = \frac{l_2}{l_{BS_2}}, \quad D = \frac{m_3}{m} = k_3, \\ A &= \frac{\frac{m_1}{a} + m_2 + m_3}{m}, \quad B = \frac{\frac{m_2}{b} + m_3}{m}. \end{aligned} \quad (27)$$

Тогда имеем:

$$A \bar{l}_1 + B \bar{l}_2 + D \bar{l}_3 = z_S \bar{k} + x_S \bar{i} = -\bar{l}_{AS} \quad (28)$$

Проектируя равенство (28) на оси координат, получим уравнения:

$$\begin{aligned} Al_1 \cos \varphi_1 + Bl_2 \cos \varphi_2 + Dl_3 &= z_S = l_{AS} \cos \theta_1, \\ Al_1 \sin \varphi_1 + Bl_2 \sin \varphi_2 &= x_S = l_{AS} \sin \theta_1 \end{aligned} \quad (29)$$

Решение системы (29) дает следующее уравнение траектории центра масс рассматриваемого механизма в функции координат:

$$[z_S - (Dl_3 + Al_1 \cos \varphi_1)]^2 + (x_S - Al_1 \sin \varphi_1)^2 = (Bl_2)^2. \quad (30)$$

Уравнение (30) позволяет исследовать влияние массово-геометрических характеристик отдельных звеньев механизма на параметры траектории общего центра масс. Такая информация о геометрии траектории точки S, совпадающей с общим центром масс механизма, имеет самостоятельное значение, так как дает возможность качественного анализа возмущающего воздействия на опоры механизма. Наиболее важными параметрами здесь являются координаты x_0 и z_0 точки O «центра» траектории, степень сжатости ее во взаимно перпендикулярных направлениях, а также значения кривизны в отдельных точках.

Выявление геометрических параметров траектории центра масс механизма позволяет перейти к моделированию динамического (силового) воздействия на его опоры.

1.6. Функциональная математическая модель анализа механизма навески подъемно-навесного устройства мобильного энергетического средства

Подъемно-навесное устройство (ПНУ) является составной частью мобильных сельскохозяйственных и строительно-дорожных агрегатов. Это гидромеханическое устройство предназначено для связи мобильных энергетических средств (МЭС) – тракторов, универсальных энергетических средств, самоходных шасси, с навесными машинами. Среди рабочих процедур, выполняемых посредством ПНУ, ключевой и достаточно энергоемкой операцией, выполняемой энергоносителем является перевод навесной машины в транспортное положение. При проектировании ПНУ среди прочего многократно анализируются: грузоподъемность ПНУ, силовое воздействие на раму МЭС, время подъема и позиционирование навесной машины, что и определяет целесообразность формализованного описания процесса подъема.

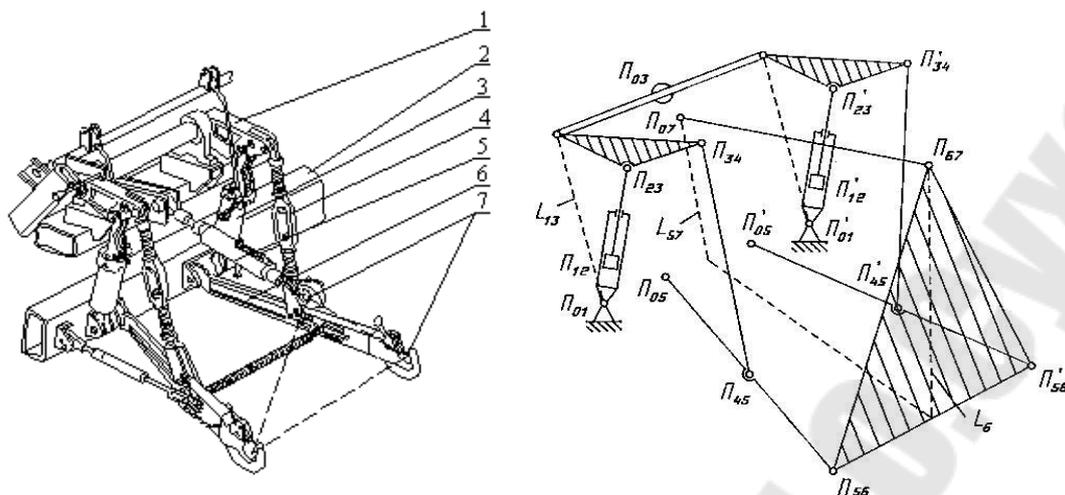


Рис. 1.9. Механизм навески универсального энергосредства «Полесье» и его пространственная геометрическая модель

1 – поворотный рычаг; 2 – рама энергосредства; 3 – гидроцилиндр; 4 – раскос; 5 – верхняя (центральная) тяга; 6 – нижняя тяга; 7 – шарниры присоединительного треугольника

ПНУ состоит из гидропривода и механизма навески (МН), определяющего характер взаимодействия рамы МЭС с навесной машиной или орудием. МН представляет собой пространственный шарнирно-рычажный механизм (рис. 1.9). Звенья МН, опирающиеся на раму МЭС, принимаемую за неподвижное звено – 2, связаны через шарниры присоединительного треугольника – 7 с навесной машиной, принимаемой за подвижное звено – L_6 , все вместе образуют замкнутую кинематическую цепь. Плоский аналог МН из его пространственной модели получают проецированием характерных точек механизма (центров шарниров и центра тяжести навесной машины) на продольную плоскости симметрии (рис. 1.10). На плоскости аналог МН представлен одноподвижным четырехзвенником, к которому последовательно присоединены две группы Ассур 2-го класса, 2-го порядка, 1-го вида. Для определения подвижности плоского аналога МН используется формула Чебышева:

$$W = 3 \cdot n - 2 \cdot p_5 - p_4,$$

где n – число подвижных звеньев; p_5, p_4 – число пар 5-го и 4-го классов.

Подвижность восьмизвенного плоского аналога МН равна 1, следовательно, ориентация выходного звена (навесной машины) – угол φ_6 и положение его центра тяжести – S_6 однозначно определяются обобщенной координатой S – расстоянием между шарнирами P_{01} и P_{23} . Следует отметить, что переход от пространственной к плоской

модели механизма одновременно позволяет понизить порядок его функциональной математической модели (ФММ). Анализ МН большинства МЭС показывает, что на плоскости все многообразие их реализаций представляет собой комбинацию, состоящую из одной или двух базовых структур: четырехзвенного механизма с качающимся гидроцилиндром и группы Ассура.

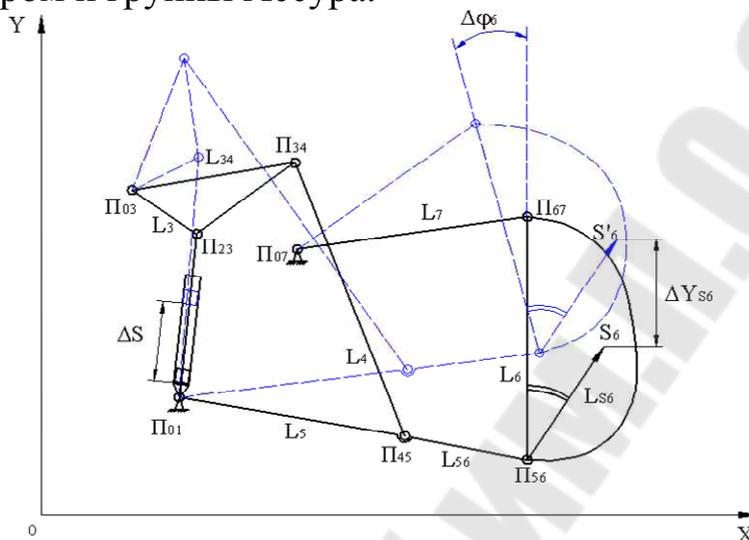


Рис. 1.10. Структурная схема механизма навески универсального энергосредства “Полесье” (на рисунке изображен перевод навесной машины в транспортное положение)

Такова структура плоских аналогов МН универсальных энергосредств “Полесье”, тракторов марок “Беларус”, ЛТЗ и ХТЗ, а также МН МЭС из дальнего зарубежья.

Аналитическое исследование выходных геометрических параметров МН выполняется по методу замкнутого векторного контура [1]. При этом последовательно определяются углы, образуемые подвижными звеньями МН в глобальной правой декартовой системе координат (XOY). Координаты центра тяжести МН определяются в рабочем положении навесной машины (рис. 1.10) через вектор L_{S6} , связанный с координатами оси подвеса – P_{56} и повернутый относительно L_6 на угол φ_{S6} .

$$X_{S6} = X_{56} + L_{S6} \cdot \cos(\varphi_6 + \varphi_{S6}),$$

$$Y_{S6} = Y_{56} + L_{S6} \cdot \sin(\varphi_6 + \varphi_{S6}).$$

Дифференцируя аналитическое выражение для угла φ_3 по обобщенной координате, получим аналог угловой скорости поворотного рычага МН L_3 (рис. 1.10):

$$\varphi'_3 = \frac{2 \cdot S}{\sqrt{4 \cdot L_{13}^2 \cdot L_3^2 - [S^2 - L_{13}^2 - L_3^2]^2}}.$$

Продифференцировав по независимой переменной t выражения для проекций на оси местной системы координат $X\Pi_{03}Y'$ и выполнив некоторые преобразования, получим выражения для передаточных отношений угловых скоростей между звеньями $L_{34}(L_3), L_4, L_5$:

$$U_{43} = \frac{L_{34} \cdot \sin(\varphi_{34} - \varphi_5)}{L_4 \cdot \sin(\varphi_5 - \varphi_4)}, \quad U_{53} = \frac{L_{34} \cdot \sin(\varphi_{34} - \varphi_4)}{L_5 \cdot \sin(\varphi_5 - \varphi_4)}.$$

Через полученные передаточные отношения скоростей звеньев определяются аналоги угловых скоростей для звеньев L_4, L_5 :

$$\varphi'_4 = \varphi'_3 \cdot U_{43}, \quad \varphi'_5 = \varphi'_3 \cdot U_{53}.$$

Продифференцировав по углу φ_5 выражение для проекций на оси OX'' местной системы координат $X''\Pi_{05}Y''$ и выполнив некоторые преобразования, получим выражение для передаточного отношения угловых скоростей звеньев L_6 и L_5 :

$$U_{65} = \frac{L_{56} \cdot \sin(\varphi_5 - \varphi_7)}{L_6 \cdot \sin(\varphi_7 - \varphi_6)}.$$

Важными характеристиками МН являются передаточные числа – кинематические передаточные функции, характеризующие соотношение скоростей характерных точек МН и скорости штока гидроцилиндра – \dot{S} . Например, в процессе сравнения вариантов МН часто используют передаточное число МН на оси подвеса [2], которое представляет собой аналог вертикальной составляющей скорости точки Π_{56} :

$$I_{56} = \varphi'_3 \cdot U_{53} \cdot L_{56} \cdot \cos \varphi_5.$$

Отсюда следует, что изменение ПЧ определяется изменением аналога угловой скорости φ'_5 звена L_{56} и углом φ_5 в правой декартовой системе координат. Аналогично представляется аналог угловой скорости φ'_6 выходного звена L_6 :

$$\varphi'_6 = \varphi'_3 \cdot U_{53} \cdot U_{65}.$$

Аналитическое выражение для аналога вертикальной составляющей скорости центра тяжести навесной машины (точка S_6) или основного передаточного числа МН получим, дифференцируя по независимой переменной t , выражение для вертикальной координаты Y_{S_6} и разделив обе части полученного выражения на \dot{S} :

$$I_S = \varphi'_3 \cdot U_{53} \cdot [L_{56} \cdot \cos \varphi_5 + U_{65} \cdot L_{S_6} \cdot \cos(\varphi_6 + \varphi_{S_6})]. \quad (1)$$

Полученные передаточные числа МН – I_s, I_{s6} величины безразмерные и взаимосвязанные [3]. Они характеризуют кинематические свойства МН, определяются его внутренними параметрами и не зависят от скорости обобщенной координаты.

Последовательность проведения силового анализа МН соответствует обратному порядку его структурной формулы. Расчетной схеме, в которую входит группа $L_7 - L_6$ [4], соответствует система из четырех алгебраических уравнений, описывающих состояние равновесия. При этом на плоскости, сила в шарнире P_{56} представляет две составляющие, разделенные поровну по шарнирам двух нижних тяг МН (рис. 1.10).

$$\begin{cases} R_{07}^x + 2 \cdot R_{56}^x = 0 \\ R_{07}^y + 2 \cdot R_{56}^y = -P_6 \\ R_{07}^x \cdot (Y_{67} - Y_{07}) + R_{07}^y \cdot (X_{07} - X_{67}) = 0 \\ 2 \cdot R_{56}^x \cdot (Y_{67} - Y_{56}) + 2 \cdot R_{56}^y \cdot (X_{56} - X_{67}) = -P_6 \cdot (X_{S6} - X_{67}) \end{cases}$$

Система из 4-х уравнений имеет 4 неизвестных и решается подстановкой, либо по методу Крамера. Результаты решения системы уравнений приведены ниже:

$$R_{56}^x = P_6 \cdot \frac{G \cdot (X_{S6} - X_{S6})}{2 \cdot A}, \text{ или } R_{56}^x = \frac{M_6 \cdot G}{2 \cdot A}, \quad R_{56}^y = P_6 \cdot \frac{(X_{S6} - X_{67}) \cdot F - G \cdot D}{2 \cdot A}$$

$$R_{07}^x = -R_{56}^x \cdot 2, \quad R_{07}^y = -R_{07}^x \cdot \frac{F}{G}, \quad R_{67}^x = 2 \cdot R_{56}^x, \quad R_{67}^y = 2 \cdot R_{56}^y - P_6,$$

где X_{S6} – координата центра тяжести НМ; X_{ij}, Y_{ij} – координаты центров шарниров звеньев группы $L_6 - L_7$; D, E, F, G – промежуточные переменные; R_{ij}^x, R_{ij}^y – составляющие сил, действующих в шарнирах $L_6 - L_7$; R_{07}^x, R_{07}^y – составляющие сил, действующих в шарнире на раме энергоносителя, $M_6 = -P_6 \cdot (X_{S6} - X_{S6})$.

Величина общей реакции в шарнире определяется как геометрическая сумма векторов:

$$R_{56} = \sqrt{(R_{56}^x)^2 + (R_{56}^y)^2}, \quad R_{07} = \sqrt{(R_{07}^x)^2 + (R_{07}^y)^2}, \quad R_{67} = \sqrt{(R_{67}^x)^2 + (R_{67}^y)^2}.$$

Последовательность операций дальнейшего силового анализа известна.

Расчет приведенной к поршню силы трения выполняется, считая ее равной отношению от деления суммы мгновенных мощностей трения, затрачиваемых в шарнирах МН на скорость поршня гидроцилиндра – \dot{S} . Аналитическое выражение для приведенной к гидроцилинд-

ру МН силы трения, учитывающей потери в подвижных и неподвижных шарнирах, имеет вид:

$$F_{mp}^{np} = f_{mp} \cdot r_u \cdot [R_{01} \cdot \varphi'_s + R_{03} \cdot \varphi'_3 + R_{05} \cdot \varphi'_5(S) + R_{07} \cdot \varphi'_7 + R_{23} \cdot |\varphi'_s - \varphi'_3| + R_{34} \cdot |\varphi'_3 - \varphi'_4| + R_5 \cdot |\varphi'_4 - \varphi'_5| + R_{56} \cdot |\varphi'_5 - \varphi'_6| + R_{67} \cdot |\varphi'_6 - \varphi'_7|]. \quad (2)$$

Для упрощения выражения (2), полагаем радиусы шарниров и коэффициенты трения одинаковыми для всех кинематических пар.

Сила трения манжеты поршня о внутреннюю поверхность гильзы ГЦ определяется по выражению, полученному из [5]

$$F_{mpц} = \pi \cdot D \cdot l \cdot f_c \cdot p_m,$$

где D – диаметр поршня ГЦ; l – ширина манжеты; f_c – коэффициент трения манжеты о гильзу ГЦ; p_m – среднее давление в напорной полости ГЦ.

Анализ двух последних выражений показывает, что потери на трение в кинематических парах не зависят от скорости поршня ГЦ и определяются внутренними параметрами МН и ГЦ, а общее выражение для приведенной к штоку гидроцилиндра силы трения представляет собой сумму выражений:

$$F_{mp}^{np} = F_{mpц} + r \cdot f_{mp} \cdot \left\{ \sum_{i=1}^7 R_{0i} \cdot \varphi'_i + \sum R_{ij} \cdot [\varphi'_i - \varphi'_{i+1}] \right\}. \quad (3)$$

Разработанная ФММ анализа перевода навесной машины из рабочего в транспортное положение при помощи ПНУ может быть использована для большинства ПНУ известных отечественных и зарубежных МЭС. Результаты расчета выходных параметров МН в процессе перевода навесной машины из рабочего в транспортное положение используются для расчета выходных параметров ПНУ в рабочем и транспортном режимах. Разработанная ФММ анализа процесса подъема навесной машины является основным компонентом для ФММ оптимизационного синтеза ПНУ.

1.7. Функциональная математическая модель нагруженного гидропривода

Анализ динамики процесса подъема НМ составляет одно из условий рационального проектирования ПНУ. В состав ПНУ входит гидропривод, упрощенная принципиальная схема и ее элементный состав представлены на рис. 1.11.

В процессе подъема НМ в элементах ПНУ возникают переменные нагрузки и знание закона движения поршня ГЦ $s(t) = f(s, \dot{s}, \ddot{s}, t)$ по-

зволяет анализировать их изменение, а также определить время подъема НМ.

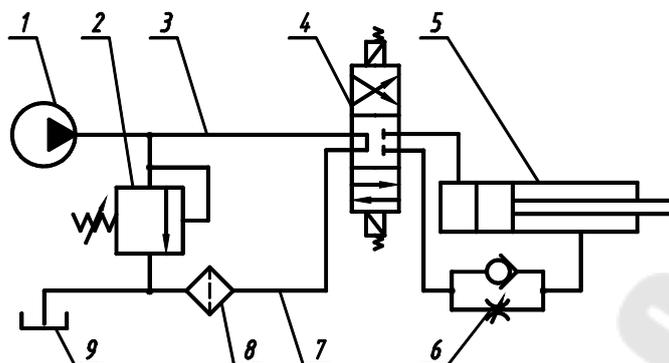


Рис. 1.11. Упрощенная принципиальная схема гидропривода ПНУ мобильного энергетического средства:

- 1 – насос шестеренный; 2 – клапан предохранительный; 3 – напорная магистраль; 4 – гидрораспределитель; 5 – гидроцилиндр; 6 – регулируемый дроссель; 7 – сливная магистраль; 8 – фильтр; 9 – бак.

Масса и момент инерции НМ – (m_6, J_6) приводятся к штоку ГЦ, а влиянием масс звеньев МН пренебрегаем, вследствие их малости по отношению к массе НМ.. Динамическая модель машинного агрегата, состоящая из ПНУ и НМ представляет собой материальную точку с переменной массой $m(S)$, которая движется под действием переменной силы $Q(S)$ [5]. Из закона равенства кинетических энергий приведенная масса определяется как:

$$m(S) = m_6 \cdot I_V^2 + J_6 \cdot \varphi_6'^2,$$

где – I_V, φ_6' аналоги линейной скорости центра масс и угловой скорости НМ.

Уравнение движения для машинного агрегата получаем, используя уравнение Лагранжа 2-го рода, подставив в него известное выражение для кинетической энергии и выполнив несложные преобразования с учетом того, что обобщенная сила $Q(S)$ равна разности между движущей силой $F_{ос}$ на штоке гидроцилиндра и приведенной к нему со стороны НМ нагрузки $F_{np}(S)$:

$$m(S) \cdot \frac{d^2 S}{dt^2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{dm(S)}{dS} \cdot \left(\frac{dS}{dt} \right)^2 = F_{ос} - F_{np}(S). \quad (4)$$

Левая часть уравнения (4) представляет собой приведенную силу инерции.

При формировании ФММ динамики подъема НМ учитываются особенности работы ПНУ и его гидропривода в частности. Принима-

ем, что большинство элементов гидропривода работает безынерционно, а температура, плотность, вязкость рабочей жидкости и количество нерастворенного в ней воздуха постоянны, а неравномерность подачи шестеренного гидронасоса практически не влияет на процесс подъема.

Рабочая жидкость в гидроприводе представляет двухфазную гидровоздушную смесь. Ее модуль объемной упругости (МОУ) E_c при адиабатическом характере деформации зависит от содержания нерастворенного в рабочей жидкости воздуха [6]. Считаем, что заполняющая напорный тракт гидровоздушная смесь сосредоточена в объеме небольшой протяженности (Y_2) у гидроцилиндра (рис. 1.12).

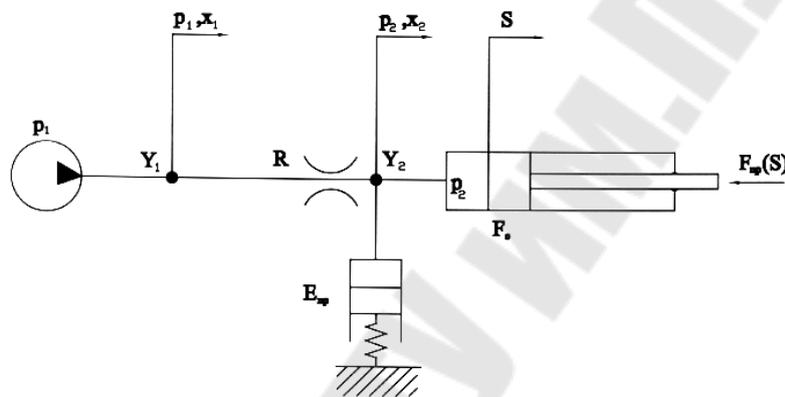


Рис. 1.12. Динамическая схема гидропривода с переменной нагрузкой $F_{np}(S)$

Приведенный МОУ – E_{np} (узел Y_2) зависит от МОУ рабочей жидкости – E_c и от МОУ деформирующихся полостей трубопровода, рукавов высокого давления и гидроцилиндра.

Используя уравнение неразрывности, перемещение столба жидкости и его производные выражаем через аналогичные параметры движущегося поршня гидроцилиндра. Уравнение баланса давлений для участка гидронасос – гидроцилиндр имеет вид:

$$a_1 \cdot \frac{d^2 S}{dt^2} + a_2 \cdot \frac{dS}{dt} + a_3 \cdot \left(\frac{dS}{dt} \right)^2 + p_2 = p_1, \quad (5)$$

где a_1, a_2, a_3 – коэффициенты пропорциональности соответствующие инерционным, магистральным и местным потерям давления [6].

Уравнение баланса объемного расхода рабочей жидкости имеет вид:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{dS_1}{dt} - \frac{V_0 + F_H \cdot (S - S_0)}{F_H \cdot E_{np}} \cdot \frac{dp_2}{dt}, \quad (6)$$

где V_0 – начальный объем жидкости в узле; S_0 – начальное значение обобщенной координаты $dS_1/dt, dS/dt$ – эквивалентные скорости перемещения в узлах; F_H – площадь сечения поршня гидроцилиндра.

Дифференциальное уравнение (ДУ) движения поршня гидроцилиндра с учетом приведенной силы трения $F_{mp}^{np}(S)$ записывается в виде:

$$m(S) \cdot \frac{d^2 S}{dt^2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{dm(S)}{dS} \cdot \left(\frac{dS}{dt} \right)^2 + F_{mp}^{np}(S) + P(S) = p_2 \cdot F_H. \quad (7)$$

Это уравнение является ДУ движения машинного агрегата, состоящего из ПНУ и НМ, а система, состоящая из уравнений (5)–(7) его ФММ, описывающей динамику подъема НМ. Система нелинейных ДУ решается по методу Рунге–Кутты 4-го порядка.

В результате предлагается уточнить аналитическое выражение для грузоподъемности [2], что позволит оперативно выполнять многовариантную оценку, ПНУ различных МЭС и определять для них запас грузоподъемности:

$$G_S = \frac{p_2^{\max} \cdot F_H - [F_{ин}^{np} + F_{mp}^{np}]}{I_S^{\max}} \quad (8)$$

Уточненное выражение для грузоподъемности ПНУ эффективно используется для анализа возможности агрегатирования и определения запаса по грузоподъемности ПНУ МЭС при расширении шлейфа навесных машин и орудий.

Подъемно-навесные устройства (ПНУ) с/х машин разрабатываются для агрегатирования с навесными машинами (НМ). ПНУ состоит из механизма подъема и гидропривода (рис. 1), обладающего ограниченной мощностью. В условиях автоматизированного проектирования выполняется многовариантный анализ ПНУ по его математической модели (ММ).

Исследование динамики процесса подъема НМ составляет одно из условий рационального проектирования ПНУ. В процессе подъема НМ в элементах механизма подъема (МП) возникают переменные нагрузки, поэтому без знания закона движения поршня гидроцилиндра $S(t) = f(S, S', S'', t)$ нельзя проанализировать их изменение.

Масса и момент инерции НМ, приводятся к штоку гидроцилиндра гидропривода. Влиянием веса звеньев МП пренебрегаем, вследствие их малости по отношению к весу НМ одновременно считаем их абсолютно жесткими. Динамическая модель агрегата в составе ПНУ и НМ представляет собой материальную точку с переменной массой $m(S)$, которая движется под действием переменной силы $Q(S)$, так что

обобщенная координата S (положение штока гидроцилиндра) этой точки совпадает с обобщенной координатой машинного агрегата в любой момент времени.

Из закона равенства кинетических энергий приведенная масса, с учетом упомянутых допущений, определяется как:

$$m(S) = m_6 \cdot I_V^2 + J_6 \cdot \varphi_6'^2, \quad (1)$$

где m_6, J_6 – соответственно масса и момент инерции навесной машины; I_V, φ_6' – соответственно аналоги линейной скорости центра масс и угловой скорости навесной машины.

Уравнение движения для машинного агрегата получим из уравнения Лагранжа 2-го рода:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial S'} \right) - \frac{\partial T}{\partial S} = Q(S). \quad (2)$$

Подставляя в (2) известное выражение для кинетической энергии T , осуществляя необходимые преобразования и учитывая, что обобщенная сила $Q(S)$ равна разности между движущей силой $F_{ос}$ на штоке гидроцилиндра и приведенной к нему со стороны навесной машины нагрузкой $P(S)$ получим:

$$m(S) \cdot \frac{d^2 S}{dt^2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{dm(S)}{dS} \cdot \left(\frac{dS}{dt} \right)^2 = F_{ос} - P(S). \quad (3)$$

При формировании ММ динамики подъема НМ учитываются особенности работы ПНУ. Считается, что большинство элементов гидропривода работает безынерционно. Температура, плотность, вязкость рабочей жидкости и количество нерастворенного в ней воздуха постоянны. Режим течения в напорной магистрали во время переходного процесса неустановившийся, ламинарно-турбулентный.

Потери давления на трение определяются по выражению:

$$P_L = 27,5 \cdot \frac{\rho \cdot V \cdot L}{f} \cdot \nu + 0,443 \cdot \frac{k_\epsilon \cdot \rho \cdot L}{\sqrt{f}} \cdot \nu^2; \quad (4)$$

где ρ – плотность рабочей жидкости; ν – кинематическая вязкость; L – длина магистрали; f – площадь сечения магистрали; k_ϵ – коэффициент относительной шероховатости; V – средняя по сечению скорость столба жидкости.

Рабочая жидкость в гидроприводе мобильных машин представляет двухфазную гидровоздушную смесь. Ее модуль объемной упругости $E_c(p)$ при адиабатическом характере деформации зависит от содержания нерастворенного воздуха и начального давления. Неравно-

мерность подачи гидронасоса практически не влияет на процесс подъема. Считается, что заполняющая напорный тракт гидровоздушная смесь сосредоточена в объеме небольшой протяженности у гидроцилиндра (рис. 1.12).

Модуль объемной упругости для деформирующихся полостей трубопровода, рукавов высокого давления и гидроцилиндра определяется по выражению:

$$E_{np} = \frac{E_c(p)}{1 + \frac{E_c(p)}{E_m} \cdot \frac{D}{\delta}}, \quad (5)$$

где E_m – модуль объемной упругости материала полости; D, δ – соответственно внутренний диаметр и толщина стенки полости.

Используя уравнение неразрывности, перемещение столба жидкости и его производные выражаем через аналогичные параметры движущегося поршня гидроцилиндра. На основании отмеченного, уравнение баланса давлений для участка гидронасос – гидроцилиндр записывается:

$$a_1 \cdot \frac{d^2 S_1}{dt^2} + a_2 \cdot \frac{dS_1}{dt} + a_3 \cdot \left(\frac{dS_1}{dt} \right)^2 \cdot \text{sign} \frac{dS_1}{dt} + p_2 = p_1, \quad (6)$$

где a_1, a_2, a_3 – коэффициенты пропорциональности соответствующие инерционным, магистральным и местным потерям давления.

Уравнения баланса объемного расхода для гидроцилиндра имеет вид:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{dS_1}{dt} - \frac{V_0 + F_H \cdot (S - S_0)}{F_H \cdot E(p_2)} \cdot \frac{dp_2}{dt}, \quad (7)$$

где Q_1 – объемный расход на выходе гидронасоса с учетом утечек; V_0 – начальный объем жидкости в узле; $dS_1 / dt, dS / dt$ – эквивалентные скорости перемещения; F_H – площадь сечения поршня гидроцилиндра.

Дифференциальное уравнение (ДУ) движения поршня гидроцилиндра с учетом приведенной силы трения F_{mp}^{np} записывается в виде:

$$m(S) \cdot \frac{d^2 S}{dt^2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{dm(S)}{dS} \cdot \left(\frac{dS}{dt} \right)^2 + F_{mp}^{np} \cdot \text{sign} \left(\frac{dS}{dt} \right) + P(S) = p_2 \cdot F_H. \quad (8)$$

Уравнение (8) одновременно является искомым ДУ движения машинного агрегата, описывающим динамику подъема ПНУ НМ, а система уравнений (6)–(8) его ММ, описывающей динамику подъема НМ. Система решается по методу Рунге–Кутты 4-го порядка. В результате определяется закон движения поршня гидроцилиндра. На

базе разработанной ММ был определен закон движения поршня гидроцилиндра (рис. 1.13).

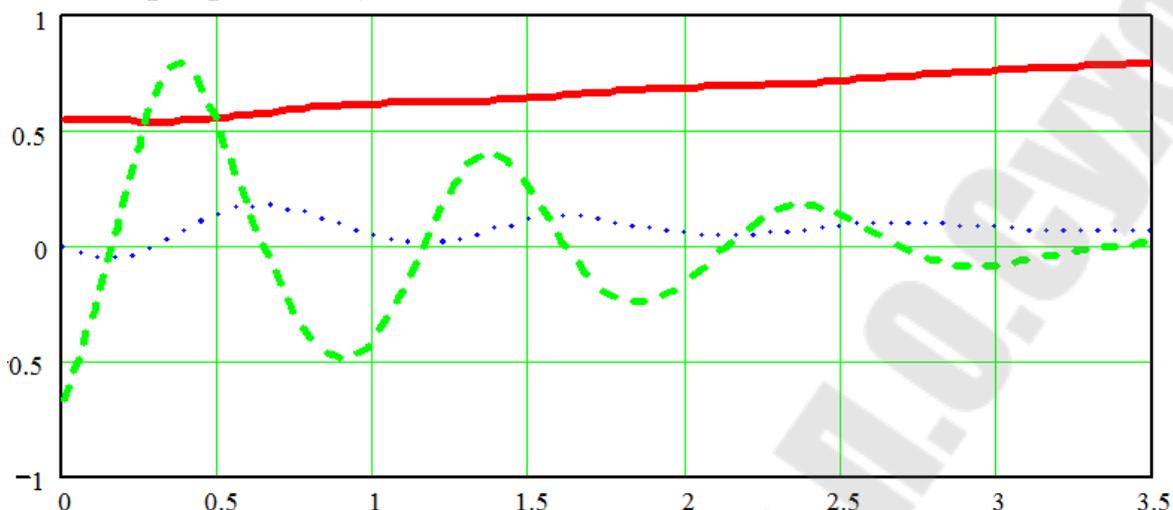


Рис. 1.13. Закон движения нагруженного поршня гидроцилиндра
 S - обобщенная координата; \dot{S} - скорость поршня гидроцилиндра; \ddot{S} - ускорение поршня гидроцилиндра. S

1.8. Математическое моделирование механизма вывешивания адаптера кормоуборочного комбайна

Снижение потерь кормов в процессе уборки самоходным кормоуборочным комбайном (СКК) связано, в том числе и с обеспечением правильного функционирования механизма вывешивания адаптера (МВА). МВА предназначен для качественного копирования рельефа башмаками жатки или подборщика в заданном диапазоне вертикального перемещения адаптера относительно самоходного измельчителя. При этом башмаки адаптера должны иметь постоянный контакт с почвой, а нагрузка на них должна оставаться в заданных пределах. Поэтому наиболее полной характеристикой, описывающей процесс копирования, является реакция под башмаками жатки.

Задача МВА состоит в стабилизации давления башмаков на опорную поверхность, когда безотрывное копирование башмаками рельефа обеспечивает требуемую высоту среза кормовой культуры.

Во время уборки кормов колеса самоходного измельчителя копируют микрорельеф, оказывая влияние на положение жатки и режущего аппарата, которые в свою очередь, совершают сложное движение относительно корпуса самоходного измельчителя. Жатка контактирует башмаками с опорной поверхностью лишь небольшой частью

своего веса, в то время как большая его часть через МВА компенсируется механическими пружинами.

Решение проблемы состоит в формировании методики решения задачи расчета выходных параметров МВА, а также в разработке рекомендаций, способствующих обеспечению требуемого качества копирования адаптером опорной поверхности.

МВА СКК представляет собой пространственный механизм, состоящий из двух снабженных блоками пружин одинаковых конструкций, которые, как правило, расположены симметрично относительно продольной плоскости симметрии адаптера.

Идеализируя геометрическую модель МВА считаем, что оси, проходящие через центры шарниров его звеньев параллельны друг другу, а звенья – несжимаемы, тогда правая и левая части механизма, будучи спроецированы на продольную плоскость симметрии СКК, образуют плоский аналог пространственного МВА (рис. 1.14).

Структурный анализ идентифицирует замкнутую кинематическую цепь как одноподвижный шестизвенник. Поэтому положение характерных точек выходного звена кинематической цепи – центра тяжести жатки (S_6) и точки контакта башмака с опорной поверхностью (M) однозначно определяется обобщенной координатой S .

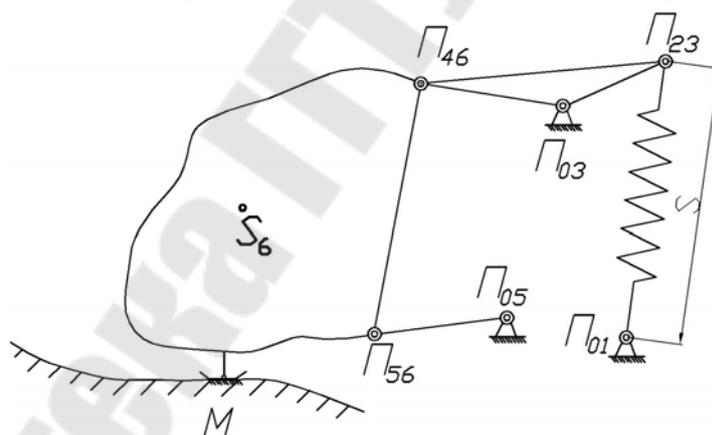


Рис. 1.14. Схема копирования рельефа адаптером кормоуборочного комбайна

Геометрический, а и затем кинематический анализ МВА выполняются в правой декартовой системе координат XOY в соответствии с результатами структурного анализа. На основе известной методики, кинематическая цепь представляется замкнутыми векторными контурами (рис. 1.15).

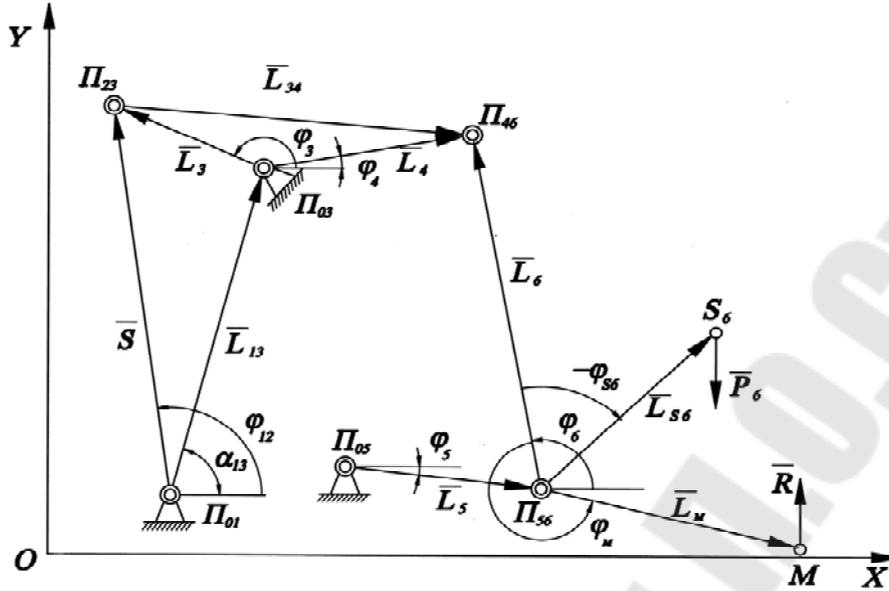


Рис. 1.15. Векторная интерпретация плоского аналога МВА в правой декартовой системе координат

В ходе решения задачи о положениях подвижных шарниров МВА последовательно рассматриваются контур $L_{13}SL_3L_4$ и присоединенная к нему группа Ассур 2-го порядка 1-го вида L_5L_6 . В результате геометрического анализа получены аналитические выражения для координат центра тяжести жатки (x_{S_6}, y_{S_6}) и точки контакта башмака с опорной поверхностью (x_M, y_M) :

$$\begin{aligned}
 x_{S_6}(S) &= x_{56}(S) + L_{S_6} \cdot \cos(\varphi_6(S) - \varphi_{S_6}) \\
 y_{S_6}(S) &= y_{56}(S) + L_{S_6} \cdot \sin(\varphi_6(S) - \varphi_{S_6}) \\
 x_M(S) &= x_{56}(S) + L_M \cdot \cos(\varphi_6(S) - \varphi_M) \\
 y_M(S) &= y_{56}(S) + L_M \cdot \sin(\varphi_6(S) - \varphi_M)
 \end{aligned} \tag{1}$$

где, $x_{56}(S)$, $y_{56}(S)$ – координаты оси подвеса жатки; L_{S_6} , φ_{S_6} и L_M , φ_M – параметры, связывающие характерные точки со звеном L_6 .

Дифференцируя выражения для вертикальных координат характерных точек (1) по времени и выполняя некоторые преобразования, получим аналитические выражения для аналогов вертикальных составляющих скоростей этих точек:

$$I_{S_6}(S) = \dot{\varphi}_3(S) \cdot [U_{54}(S) \cdot L_5 \cdot \cos(\varphi_5(S)) + U_{64}(S) \cdot L_{S_6} \cdot \cos(\varphi_6(S) - \varphi_{S_6})], \tag{2}$$

$$I_M(S) = \dot{\varphi}_3(S) \cdot [U_{54}(S) \cdot L_5 \cdot \cos(\varphi_5(S)) + U_{64}(S) \cdot L_M \cdot \cos(\varphi_6(S) - \varphi_M)], \tag{3}$$

где $\varphi'_3(S)$ – аналог угловой скорости звена $L_3(L_4)$; U_{54}, U_{64} – передаточные отношения, связывающие соответственно угловые скорости звеньев L_5, L_4 и L_6, L_4 .

Выражение для приведенной к пружине нагрузки $F_{PR}(S)$, полученное из уравнения равновесия МВА имеет вид:

$$F_{PR}(S) = P \cdot I_{S_6}(S) - R \cdot I_M(S) + F_{mp}^{np} \pm F_{ин}^{np}, \quad (4)$$

где $F_{mp}^{np}, F_{ин}^{np}$ – соответственно приведенные силы трения и инерции.

Реакция R на башмаке (рис. 1.15) это сила противодействия давлению со стороны башмака на опорную поверхность. Растяжение пружин МВА у неподвижного СКК ($S = S_0$) компенсирует приведенную нагрузку и определяет силу давления башмаков на опорную поверхность в положении статического равновесия, как это следует из (4). При этом, подтвержденная экспериментально, величина предварительного растяжения пружины $\Delta X(S_0)$ рассчитывается по выражению:

$$\Delta X(S_0) = \frac{P \cdot I_{S_6}(S_0) - R_0 \cdot I_M(S_0)}{C}, \quad (5)$$

где C – жесткость пружины (блока пружин); R_0 – настраиваемая сила давления башмака при равенстве вертикальных координат точек контакта с поверхностью у него и колеса СКК.

В процессе копирования рельефа вертикальная координата точки контакта башмака с опорной поверхностью (Y_M) изменяет свое расположение относительно точки аналогичного контакта колеса самоходного измельчителя. Ее вертикальные колебания относительно этого (нулевого) уровня в заданном диапазоне сопровождаются соответствующими изменениями S , что приводит к росту растяжения пружины $\Delta X(S)$ при уменьшении Y_M и сокращению растяжения при росте Y_M . Одновременно с этими параметрами изменяются и передаточные числа (2) и (3) МВА. В результате на уровне Y_M отличном от нулевого, реакция на башмаке будет отличаться от первоначального значения R_0 . В заданном диапазоне колебания $Y_M(S)$ реакция на башмаке рассчитывается по выражению:

$$R(S) = \frac{1}{I_M(S)} \cdot [P \cdot I_{S_6}(S) - C \cdot \Delta X(S) + F_{mp}^{np} \pm F_{ин}^{np}]. \quad (6)$$

Сила давления башмака на опорную поверхность зависит от геометрических и кинематических параметров МВА, массово-геометрических параметров адаптера, характеристики пружины, ско-

рости движения СКК, а также характеристики микрорельефа и представляет количественную характеристику качества копирования. С помощью ее упрощенного аналитического выражения можно предварительно выбрать рациональное сочетание внутренних параметров проектируемого МВА. Например, три варианта статической характеристики МВА, полученные для трех высот среза, имеющие форму парабол, приведены на рис. 1.16. Идеальная статическая характеристика копирования опорной поверхности располагается параллельно оси абсцисс. Однако, для МВА, использующего цилиндрические пружины растяжения это невозможно, поскольку, постоянная жесткость цилиндрических пружин не может обеспечить постоянство реакции на башмаках в диапазоне копирования. Отличие от идеала с одной стороны определяется нелинейностью приведенной нагрузки $F_{PR}(S)$, а с другой линейным характером изменения силы растяжения пружины $F(S)$. Различие форм графиков для правого и левого башмака объясняется различной долей веса жатки, приходящейся на каждый башмак. Поэтому при настройке на одинаковую силу давления башмаков приходится по-разному предварительно растягивать пружинные блоки справа и слева.

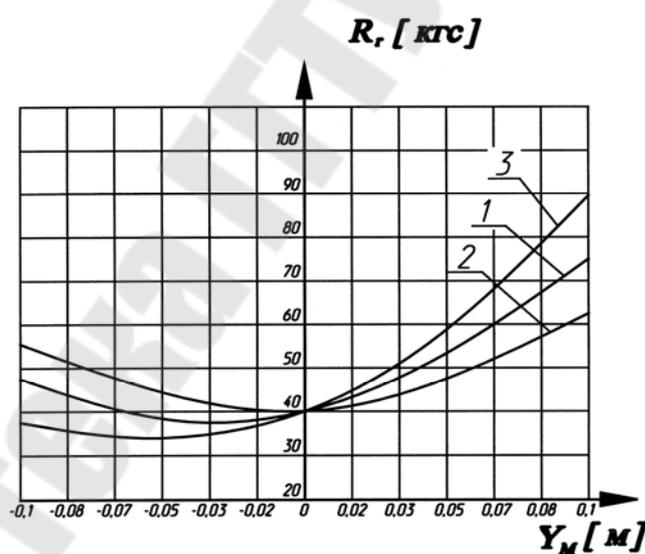


Рис. 1.16. Статическая характеристика МВА кормоуборочного комбайна

В процессе движения СКК адаптер подвергается воздействиям, как со стороны самоходного измельчителя, так и от микропрофиля опорной поверхности. Даже при движении СКК с постоянной скоростью, адаптер, совершая сложное движение, развивает силу инерции.

Величина этой силы определяется массоинерционными характеристиками адаптера, скоростью движения измельчителя и характери-

стикой микрорельефа. Приведенная к пружине сила инерции определяется по выражению:

$$F_{ин}^{np} = m_6 \cdot a_{s6} \cdot I_{s6} + J_6 \cdot \varepsilon_6 \cdot \varphi'_6, \quad (7)$$

где m_6, J_6 – соответственно масса и момент инерции адаптера; a_{s6}, ε_6 – соответственно линейное и угловое ускорения адаптера; φ'_6 – аналог угловой скорости адаптера.

Величина этой силы определяется массоинерционными характеристиками адаптера, скоростью движения измельчителя и характеристикой микрорельефа. Приведенная к пружине сила инерции определяется по выражению:

$$F_{ин}^{np} = m_6 \cdot a_{s6} \cdot I_{s6} + J_6 \cdot \varepsilon_6 \cdot \varphi'_6, \quad (8)$$

где m_6, J_6 – соответственно масса и момент инерции адаптера; a_{s6}, ε_6 – соответственно линейное и угловое ускорения адаптера; φ'_6 – аналог угловой скорости адаптера.

Приведенная к пружине сила трения зависит от силы трения скольжения башмаков об опорную поверхность, сил трения в шарнирах, а также геометрических и кинематических параметров МВА. Влияние сил инерции и трения на характер копирования опорной поверхности увеличивается как с ростом кинематического воздействия со стороны микрорельефа опорной поверхности, так и с ростом скорости самоходного измельчителя. Поэтому резонно предположить, что в динамике реальное изменение силы реакции на башмаках адаптера, в заданном диапазоне копирования, будет выражено резче. Для практических целей на начальной стадии проектирования или модернизации МВА проще использовать его статическую характеристику. Если рассчитанная по приведенной выше методике характеристика нас не устроит – вариант МВА может быть отброшен, поскольку маловероятно, чтобы в динамическом режиме характеристика МВА улучшилась.

Поддержание требуемой высоты среза снижает потери кормов и обеспечивается непрерывным контактом башмаков с опорной поверхностью. При этом чрезмерное давление башмака разрушает стерню и ведет к его ускоренному износу, а недостаточное провоцирует рост потерь кормов.

Обеспечить большую стабильность давления башмаков на почву в заданном диапазоне копирования можно при помощи предварительной наладки пружинных блоков МВА. С этой целью рекомендуется откорректировать первоначальную нагрузку, приходящуюся на

его правую и левую части. Получение желаемой статической характеристики МВА на стадии его проектирования является предпосылкой удовлетворительного характера копирования микрорельефа в процессе эксплуатации кормоуборочных комбайнов.

Разработка математической модели анализа функционирования МВА позволяет обеспечить большую стабильность силы давления башмаков на почву в заданном диапазоне копирования рельефа и может быть использована для идентичных по структуре МВА. Аналитические выражения для статической характеристики и передаточных чисел МВА могут быть использованы в качестве критериев оптимальности в функциональной математической модели параметрической оптимизации МВА.

1.9. Параметрический синтез механизма навески переднего подъемно-навесного устройства универсального энергосредства

Проектируя переднее ПНУ инженер исходит из назначения мобильного с/х агрегата (УЭС и навесная машина), стремясь удовлетворить ряд противоречивых условий: скомпоновать МН так, чтобы в процессе движения НМ занимала желаемое положение, не нарушая требования стандартов; при ограниченной мощности гидропривода обеспечить грузоподъемность ПНУ; снизить нагрузки (и потери) в элементах МН, а также силовое воздействие на раму УЭС и т. д. Традиционный способ проектирования при относительно большом числе параметров, описывающих ПНУ, в достаточно широком диапазоне их изменения и наличии функциональных ограничений не позволяют всесторонне исследовать ресурсы возможностей создаваемого МН в реальные сроки.

Практика показывает, что модернизацию переднего ПНУ целесообразно начинать путем модификации части внутренних параметров МН. Полученное на основе функциональной математической модели (ММ), проектное решение оценивают на соответствие техническим требованиям по различным выходным параметрам МН. При этом для каждого синтезированного варианта МН характерна многокритериальная оценка. Процедура параметрического синтеза базируется на постановке задачи нелинейного программирования, которая включает: назначение управляемых параметров; выбор (из выходных параметров) показателей качества МН и описание функциональных ограничений. В качестве управляемых параметров МН, определяю-

ших вариант его геометрическую модели, предлагаются: координаты шарниров основания гидроцилиндра – X_{01}, Y_{01} , центральной и нижних тяг – X_{05}, Y_{05} ; X_{03}, Y_{03} , расположенные на раме УЭС, а также длина поворотного рычага нижней тяги – L_3 . Каждой комбинации вектора управляемых параметров $\vec{X} = \{X_{01}, Y_{01}; X_{03}, Y_{03}; X_{05}, Y_{05}; L_3\}$ соответствуют определяемые по ММ значения показателей качества $Y(X)$.

$$\vec{Y} = \{I_M^{\max}, \bar{I}_M \bar{F}_{mp}, \bar{R}_{03}, R_{03}^{\max} \bar{F}\}, \quad (1)$$

где \bar{I}_M, I_M^{\max} – среднее и максимальные значения передаточного числа (ПЧ) МН на оси подвеса на интервале изменения S ; \bar{F}_{mp}, \bar{F} – средние значения приведенной силы трения, и полезной нагрузки на гидроцилиндре; $\bar{R}_{05}, R_{05}^{\max}$ – среднее и максимальные значения реакции в шарнире центральной тяги.

ПЧ МН на оси подвеса представляет вертикальную составляющую аналога линейной скорости оси подвеса и определяется по выражению:

$$I_M(S) = \varphi_3'(S) \cdot L_{34} \cdot \cos[\varphi_3(S)]. \quad (2)$$

Искомые значения оптимизируемых параметров ПНУ должны удовлетворять ряду конструктивных, технологических и эксплуатационных ограничений, которые делятся на прямые и функциональные. Прямые ограничения касаются предельных значений управляемых параметров, т.е. $\vec{X}_{\min} \leq \vec{X} \leq \vec{X}_{\max}$. К функциональным ограничениям относятся: величина хода оси подвеса – ΔY_M и максимальное отклонение высоты присоединительного треугольника – φ_4^{\max} от вертикали.

$$\Delta Y_M = Y_{34}(S^{\max}) - Y_{34}(S_p) \geq \Delta Y_M^{\text{don}}, \quad \varphi_4^{\max} = \varphi_4(S^{\max}) - \varphi_4(S_p) \leq \varphi_4^{\text{don}}. \quad (3)$$

где S_p – значение обобщенной координаты в рабочем положении оси подвеса.

Если ограничения на приведенные выше выходные параметры МН не удовлетворяются, то рассчитанный при помощи ММ вариант отбраковывается.

Минимизируемая целевая функция МН представляет свертку, включающую три показателя качества: ПЧ на оси подвеса, силу реакции в шарнире Π_{05} и коэффициент полезного действия – η . Они нормируются путем деления максимального значения показателя качества на среднее в диапазоне изменения обобщенной координаты:

$$ЦФ = k_1 \cdot \frac{I_M^{\max}}{I_M^{cp}} + k_2 \cdot \frac{R_{05}^{\max}}{R_{05}^{cp}} + k_3 \cdot \frac{\eta_{cp}}{\eta_{\max}}, \quad (4)$$

где k_1, k_2, k_3 – весовые коэффициенты, назначаемые из условия, что $\sum k_i = 1$.

Цель проектирования – выбор совокупности управляемых параметров МН, которые вместе с постоянными составляют вектор \vec{X} , определяющий модернизированный вариант МН, который удовлетворяет функциональным ограничениям и минимизирует целевую функцию. Проверить принятый вариант МН можно по интегральному показателю качества ПНУ – его грузоподъемности на оси подвеса МН, зависящей одновременно от параметров гидропривода и МН:

$$G_M = \frac{p_2^{\max} \cdot F_c - [F_{un}^{np}(S^*) + F_{mp}^{np}(S^*)]}{I_M^{\max}(S^*)}, \quad (5)$$

где S^* – значение обобщенной координаты соответствующее $I_M^{\max}(S^*)$; $p_{ци}^{\max}$ – максимальное давление в ГЦ.

$$I = \frac{I_M^{\max}}{I_M^m} \quad \rho = \frac{R_{05}^{\max}}{R_{05}^m} \quad \eta = \frac{\eta_{\max}}{\eta_m}$$

Задача нелинейного программирования. Как выбираются управляемые параметры?

Использование известных методов оптимизации недостаточно эффективно, так как они предназначены для решения однокритериальных задач.

Рационально выбранные точки крепления МН к раме и геометрические размеры его звеньев должны обеспечивать его устойчивое функционирование на основных режимах эксплуатации: подъем, транспортный переезд, рабочий процесс.

– грузоподъемность ПНУ на оси подвеса и заданном удалении от нее (610мм), ограничиваемой мощностью ГП;

– оценка компоновочных ограничений по величине транспортного просвета под НМ, так чтобы МСХА мог переезжать через каналы и передвигаться по пересеченной местности, а также расположению элементов НМ относительно энергоносителя в транспортном положении.

– анализ продольной устойчивости МСХА с поднятой в транспортное положение навесной машиной без использования балласта, а также нагрузок на мост ведущих колес энергосредства; угол стойки (НМ) в транспортном положении. Ход оси подвеса и транспортный просвет. Рост давления на ведущие колеса УЭС.

1.10. Функциональная математическая модель механизма плющения растительной массы

Механизм плющения (МП) входит в состав прижимных устройств косилки-плющилки прицепной КПП-4.2 и косилки самоходной КС-80. Он предназначен для расплющивания растительной массы (РМ), подаваемой к вальцам шнеком жатки [1]. Плющение РМ ускоряет процесс влагоотдачи, сокращая срок ее сушки и улучшая потребительские свойства. При этом качество такой механической обработки скошенной массы определяется величиной и стабильностью ее поджатия [2], выполняемого подвижным плющильным вальцом через посредство рычагов МП.

В схеме механизма плющения, представленной на рисунке 1а характер изменения приведенной к пружине нагрузки определяется по закону Гука:

$$F(Y) = C \cdot Y, \quad (1)$$

где C – жесткость пружины; Y – расстояние между центрами вальцов (зазор между вальцами).

Таким образом, зависимость между подпрессовывающим усилием и толщиной прессуемого слоя РМ определяется зазором между вальцами и, в простейшем случае, носит линейный характер. Такая ситуация удовлетворительна до тех пор, пока подача РМ к вальцам постоянна. Однако, практика эксплуатации с/х машин показывает, что во время уборки достичь такого состояния весьма сложно, поскольку подача РМ – q одновременно зависит от нескольких параметров: скорости с/х машины – V , ширины захвата жатки – B и урожайности – U сельскохозяйственной культуры:

$$q = B \cdot V \cdot U \quad (2)$$

Причем, если достижение стабильности двух первых компонент теоретически возможно, то изменение урожайности с/х культуры носит вероятностный характер.

Поэтому большинство отечественных и зарубежных прижимных устройств имеют более сложные конструкции МП, обеспечивающие нелинейную зависимость прессующего усилия от величины зазора.

Целью работы является формирование функциональной математической модели (ФММ) механизма плющения и выработка соответствующих рекомендаций для МП по результатам вычислительного эксперимента на сформированной модели.

Постановка задачи

Механизм плющения представляет собой пространственный рычажный механизм. Плоский аналог из 3-D геометрической модели получается проецированием характерных точек МП (шарниров) на его продольную плоскость симметрии. Условием такого преобразования является соблюдение параллельности осей, проходящих через центры как подвижных, так и неподвижных шарниров МП. При соблюдении этого условия в проекции на продольную плоскость симметрии МП представляет одноподвижный четырех – (рис.1.17 б) или шестизвенный (рис.1.18) шарнирно – рычажный механизм.

Функциональная математическая модель (ФММ) МП формируется на основе формального описания процедур геометрического, кинематического и силового анализа плоского аналога МП [3].

Для определения подвижности плоского рычажного механизма, включающего пары 5-го класса используется формула Чебышева [4]:

$$W = 3 \cdot n - 2 \cdot p_5, \quad (3)$$

где, n – число подвижных звеньев, p_5 – число кинематических пар 5 класса.

Как видно из рис. 1, б $n = 3$; $p_5 = 5$, поэтому подвижность четырехзвенного плоского рычажного МП равна 1 и соответственно из рис.2 $n = 5$; $p_5 = 7$, поэтому подвижность шестизвенного плоского рычажного МП также равна 1.

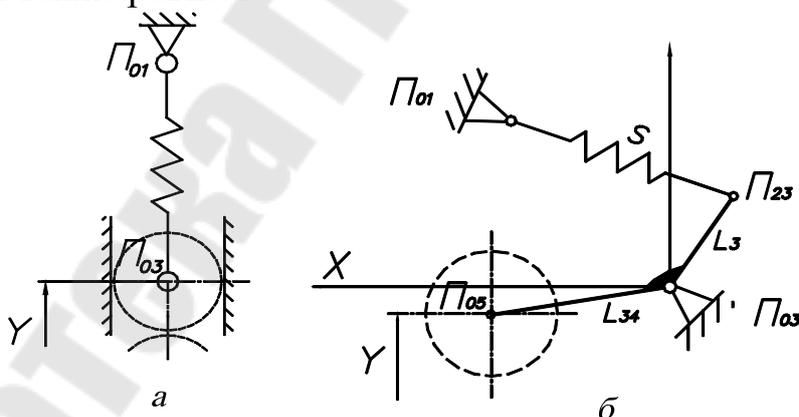


Рис. 1.17. Структурные схемы простейшего и четырехзвенного механизмов плющения

Одноподвижные механизмы могут быть математически описаны при помощи известного теоретического метода – “замкнутых векторных контуров” [4]. Здесь приведено формализованное описание для более сложного, шестизвенного МП (рис. 1.18).

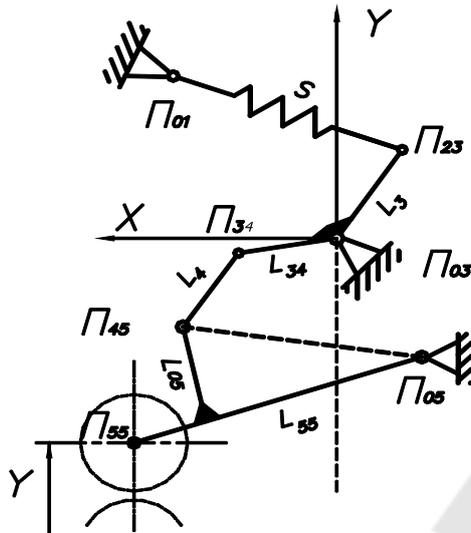


Рис. 1.18. Структурная схема шестизвенного механизма плочения

В соответствии с результатом структурного анализа последовательно рассматриваем 2 четырехзвенника – $P_{03}P_{34}P_{45}P_{05}$ и $P_{01}P_{23}P_{03}P_{34}$ и. Составляем уравнения векторов, описывающих замкнутые контуры, и последовательно проецируем их на оси координат X и Y [4]. Затем определяются углы, которые образуют звенья (векторы) МП в левой декартовой системе координат.

Результаты расчета изменения углов, образуемых звеньями МП, в зависимости от обобщенной координаты Y представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1 – Результаты геометрического анализа МП КПП-4.2

Y [м]	φ_S [град]	φ_3 [град]	φ_{34} [град]	φ_4 [град]	φ_5 [град]	$S(Y)$ [м]
-0.206	64.515	98.112	-11.890	76.203	-12.474	0.629
-0.196	66.811	100.406	-9.594	74.885	-10.137	0.634
-0.186	69.043	102.638	-7.362	73.564	-7.816	0.638
-0.176	71.212	104.807	-5.193	72.229	-5.509	0.642
-0.166	73.321	106.916	-3.084	70.869	-3.210	0.646
-0.156	75.371	108.966	-1.034	69.472	-0.917	0.650
-0.146	77.361	110.956	0.956	68.026	1.375	0.653
-0.136	79.287	112.882	2.882	66.516	3.669	0.657
-0.126	81.145	114.741	4.741	64.924	5.972	0.661
-0.116	82.927	116.522	6.522	63.228	8.279	0.664
-0.106	84.622	118.217	8.217	61.404	10.603	0.667

Зная аналитические выражения для образуемых звеньями МП углов, определяем координаты подвижных шарниров P_{23} , P_{34} и P_{45} .

Для шарнира Π_{23} :

$$\begin{aligned} X_{23}(Y) &= X_{03} + L_3 \cdot \cos \varphi_3(Y) \\ Y_{23}(Y) &= Y_{03} + L_3 \cdot \sin \varphi_3(Y) \end{aligned} \quad (4)$$

Для шарнира Π_{34} :

$$\begin{aligned} X_{34}(Y) &= X_{03} + L_{34} \cdot \cos \varphi_{34}(Y) \\ Y_{34}(Y) &= Y_{03} + L_{34} \cdot \sin \varphi_{34}(Y) \end{aligned} \quad (5)$$

Для шарнира Π_{45} :

$$\begin{aligned} X_{45}(Y) &= X_{05} + L_5 \cdot \cos \varphi_5(Y) \\ Y_{45}(Y) &= Y_{05} + L_5 \cdot \sin \varphi_5(Y) \end{aligned} \quad (6)$$

Длина растягиваемой пружины – $S(Y)$ в зависимости от зазора между вальцами – Y определяется по выражению:

$$S(Y) = \sqrt{[X_{01} - X_{23}(Y)]^2 + [Y_{01} - Y_{23}(Y)]^2}. \quad (7)$$

Формализация процедуры кинематического анализа опирается с одной стороны на результаты процедуры геометрического анализа, а с другой на использование упомянутого метода “замкнутых векторных контуров”. Например, аналог угловой скорости поворотного рычага МП получают дифференцированием по обобщенной координате выражения для угла φ_3 [5]:

$$\varphi_3'(Y) = \frac{2 \cdot S(Y)}{\sqrt{4 \cdot L_{13}^2 \cdot L_3^2 - [S(Y)^2 - (L_3^2 + L_{13}^2)]^2}}. \quad (8)$$

Для определения передаточных отношений угловых скоростей звеньев, полученные ранее уравнения проекций дифференцируют по обобщенной координате. Так, например, передаточное отношение угловых скоростей рычагов L_5 и L_3 механизма:

$$U_{53}(Y) = \frac{L_{34} \cdot \sin(\varphi_{34}(Y) - \varphi_4(Y))}{L_5 \cdot \sin(\varphi_5(Y) - \varphi_4(Y))}. \quad (9)$$

Аналогично получают выражение для передаточного отношения угловых скоростей рычагов L_4 и L_3 – $U_{43}(Y)$.

Передаточное число (ПЧ) механизма плющения, показывающее во сколько раз поджимающее усилие меньше силы растяжения пружины, представляет собой безразмерную величину и равно отношению скорости растяжения-сжатия пружины к линейной скорости центра подвижного вальца [5]:

$$I(Y) = \varphi_3' \cdot U_{53} \cdot L_{55} \cdot \cos \varphi_5(Y), \quad (10)$$

где L_{55} , $\varphi_5(Y)$ длина звена и угол, образуемый звеном с осью абсцисс в левой декартовой системе координат.

Из выражения (10) следует, что передаточное число МП полностью определяется его внутренними параметрами. Стабильность давления верхнего вальца на РМ определяется усилием, поджимающим РМ к нижнему вальцу. При этом поджимающее усилие (при наличии двух пружин – по одной справа и слева МП) обратно пропорционально ПЧ механизма:

$$P(Y) = \frac{2 \cdot F(Y)}{I(Y)}. \quad (11)$$

Процедура аналитического определения, действующих в шарнирах МП сил выполняется по известной методике [4]. В частности, на основе решения системы уравнений, описывающих двухповодковую группу $L_4 - L_5$ в состоянии статического равновесия, были получены выражения для реакций в шарнирах Π_{34} и Π_{05} :

$$R_{34}^Y = P(Y) \cdot \frac{(X_{55} - X_{45}) \cdot C}{A \cdot C - B \cdot D}; \quad R_{34}^X = P(Y) \cdot \frac{(X_{55} - X_{45}) \cdot D}{A \cdot C - B \cdot D};$$

$$R_{05}^Y = -P(Y) \cdot \frac{(X_{55} - X_{45}) \cdot C}{A \cdot C - B \cdot D} - P(Y); \quad R_{05}^X = -R_{34}^X; \quad R_{ij} = \sqrt{(R_{ij}^X)^2 + (R_{ij}^Y)^2}, \quad (12)$$

где $A = X_{45} - X_{05}$; $B = Y_{05} - Y_{45}$; $C = X_{34} - X_{45}$; $D = Y_{45} - Y_{05}$.

Равномерно распределенная сила давления верхнего вальца на нижний – $p(Y)$, обратно пропорциональна передаточному числу – $I(Y)$ механизма плочения:

$$p(Y) = \frac{k \cdot F(Y)}{I(Y) \cdot L_{val}}, \quad (13)$$

где k - количество пружин; $F(Y)$ - сила растяжения пружины; L_{val} - длина вальца.

Результаты расчета кинематических и силовых параметров МП в зависимости от обобщенной координаты Y представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Результаты кинематического и силового анализа МП КПП-4.2

Y	$\varphi'_3(Y)$	$U_{53}(Y)$	$I(Y)$	$F(Y)$	$p(Y)$	$R_{03}(Y)$	$R_{05}(Y)$	$R_{34}(Y)$
[м]	[1/м]	[-]	[-]	[кН]	[кН/м]	[кН]	[кН]	[кН]
-0.206	9.477	1.007	2.330	5.593	3.003	5.234	9.514	4.783
-0.196	9.369	1.029	2.372	5.693	3.063	5.478	9.822	5.007
-0.186	9.283	1.052	2.418	5.803	3.116	5.741	10.131	5.249
-0.176	9.216	1.076	2.468	5.924	3.160	6.027	10.442	5.511
-0.166	9.165	1.104	2.525	6.060	3.191	6.339	10.754	5.797
-0.156	9.128	1.135	2.589	6.214	3.209	6.682	11.071	6.111
-0.146	9.105	1.171	2.664	6.393	3.212	7.061	11.393	6.457
-0.136	9.093	1.213	2.752	6.605	3.195	7.483	11.710	6.843
-0.126	9.091	1.265	2.860	6.863	3.156	7.958	12.043	7.278

-0.116	9.099	1.330	2.995	7.187	3.087	8.496	12.382	7.772
-0.106	9.114	1.416	3.171	7.612	2.982	9.114	12.743	8.341

С целью учета рассеиваемой в шарнирах МП мощности [6] по результатам проведенных процедур кинематического и силового анализа, было получено аналитическое выражение для приведенной к пружине силы трения $F_{mp}^{np}(Y)$.

$$F_{mp}^{np}(Y) = r \cdot f_m \cdot [\sum_i R_{oi}(Y) \cdot \varphi'_i(Y) + \sum_{ij} R_{ij}(Y) \cdot (\varphi'_i(Y) + \varphi'_j(Y))], \quad (14)$$

где $\varphi'_i(Y)$ - аналог угловой скорости i -того звена; $R_{ij}(Y)$, r , f - реакция в шарнире, его радиус и коэффициент трения соответственно.

Аналитическое выражение для $F_{mp}^{np}(Y)$ позволяет рассчитать реальную нагрузку на пружину $F_c(Y)$ и осуществить ее рациональный выбор.

$$F_c(Y) = C \cdot [S(Y) - S(Y_0)] + F_{mp}^{np}(Y), \quad (15)$$

где $C, S(Y), S(Y_0)$ - жесткость, текущая и начальная длина (предварительно растянутой) пружины соответственно.

В итоге величина сосредоточенного и распределенного поджимающих верхний (подвижный) валец к нижнему (закрепленному) усилий определяются по выражениям:

$$P(Y) = \frac{F_c(Y)}{I(Y)}, \quad p(Y) = \frac{k \cdot F_c(Y)}{I(Y) \cdot L}. \quad (16)$$

Из опыта эксплуатации косилок-плющилок считается, что распределенное давление подвижного вальца на РМ (при кошении бобовых культур, например) должно составлять около 3.0 – 3.2 кН/м [1, 2]. Наиболее простой вариант структурной схемы МП (см. рис. 1.17,а) обеспечивает линейную зависимость подпрессовки РМ от зазора между вальцами (рис. 1.19, диаграмма 1).

Как видно из графика 2 (рис. 1.19) нелинейный характер зависимости $p_c(Y) = f(Y)$ позволяет повысить стабильность плющения РМ независимо от изменяющейся подачи. А в случае шестизвенной структуры МП пологость характеристики плющения РМ еще более возрастает. При этом отклонение от средней величины давления составляет не более 6.3 % в сторону уменьшения (таблица 2.2) во всем диапазоне изменения зазора между вальцами. Таким образом, в пределах одного поля, засеянного бобовыми, даже двукратное изменение амплитуды колебания подачи РМ (от 7.5 до 15 кг/с) будет сопровождаться ее стабильным плющением. Идеальный случай постоянства

распределенного давления, представлен на рис. 3 прямой линией (3), характеризующий его независимость от величины зазора.

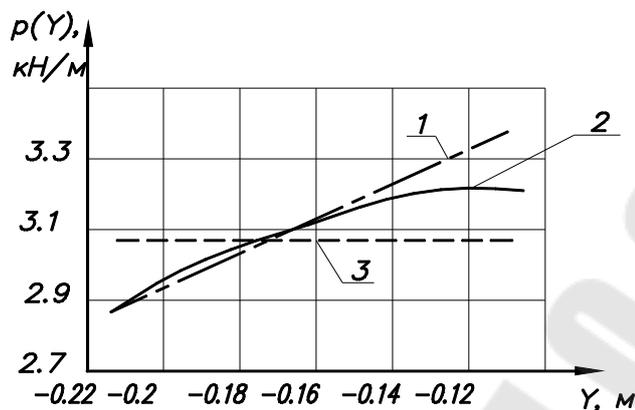


Рис. 1.19. Графические зависимости удельного давления между вальцами от величины зазора.

Простейший механизм – 1, четырехзвенный механизм – 2, идеальный случай – 3.

Разработанная ФММ была успешно использована для многовариантного анализа выходных параметров МП косилки-плющилки прицепной КПП-4.2 и косилки самоходной КС-80, что подтвердило ее адекватность. Кроме того, ФММ анализа МП может быть использована в качестве базового модуля в задаче параметрического синтеза МП прижимного устройства.

Выводы

Из вышеприведенных выражений (16) следует, что усилие плющения обратно пропорционально ПЧ МП, которое и определяет форму кривой плющения. Расчет выходных параметров двух вариантов структурной схемы МП показал, что переход от четырехзвенного МП к шестизвенному обеспечивает более пологую характеристику плющения на интервале изменения зазора между вальцами.

Добиться идеальной формы характеристики плющения для МП механического типа принципиально невозможно, поскольку приведенная к пружине нагрузка, в отличие от противодействующей ей силы, носит нелинейный характер.

Поэтому, используя сформированную ФММ, следует так подбирать внутренние параметры МП, чтобы изменение зазора между вальцами приходилось на более пологий участок характеристики плющения растительной массы.

Так как плющение РМ определяется в основном величиной и стабильностью усилия плющения, то, зная, физико-механические свойства убираемой культуры, можно было бы заранее производить настройку пружин и других параметров МП на достижение требуемо-

го усилия плющения и соответствующего ему качественного результата.

1.11. Параметрическая оптимизация механизма очистки зерноуборочного комбайна

Расположенный в самоходной молотилке (СМ) зерноуборочного комбайна “Полесье” механизм очистки (МО) это основной компонент системы очистки, включающей также: вентилятор, щнеки, элеватор и поддоны (рис. 1.20).

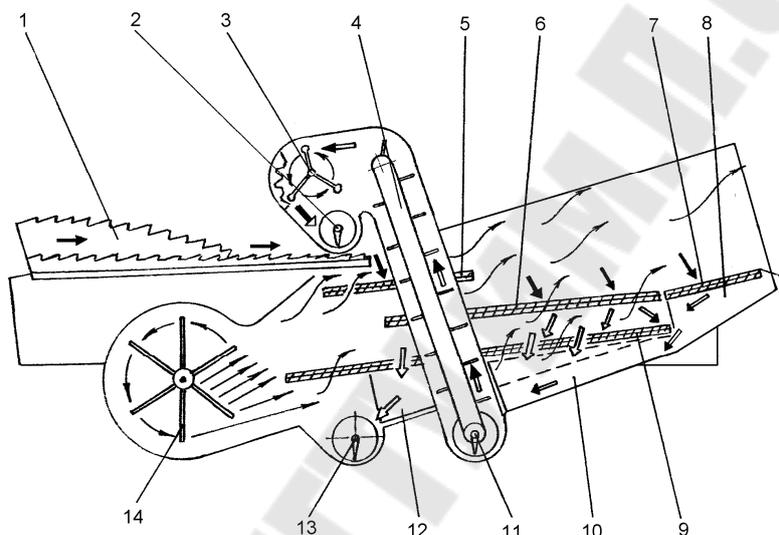


Рис. 1.20. Схема работы системы очистки

- 1 – стрясная доска; 2 – шнек распределительный; 3 – устройство домолачивающее;
4 – элеватор колосовой; 5 – дополнительное решето; 6 – решето верхнее;
7 – удлинитель; 8 – поддон удлинителя; 9 – решето нижнее; 10 – поддон колосовой;
11 – шнек колосовой; 12 – поддон зерновой; 13 – шнек зерновой; 14 – вентилятор

Известные двухстанные МО зерноуборочных комбайнов в работе характеризуется неуравновешенностью движущихся в противофазе рабочих органов (РО), что способствует снижению эксплуатационной надежности как разъемных соединений, так и несущей конструкции СМ. Каждый из РО представляет собой конструкцию со сложившимся положением рабочих элементов, а также установленным опытным путем законом движения – амплитудой колебаний и траекторией движения характерных точек. Изменение закона движения РО способно отрицательно повлиять на эффективность выполнения процесса очистки – разделение тяжелой и легких фракций зернового вороха. Таким образом, задача выбора внутренних параметров МО отнюдь не тривиальна.

Статическое уравновешивание двухстанного МО возможно, если его виртуальный центр масс остается неподвижным или движется равномерно и прямолинейно за период полного оборота кривошипа [1].

Выражения для определения координат виртуального центра масс рабочих органов МО имеют следующий вид:

$$X_s = \frac{\sum_{i=1}^n X_{s_i} m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad Y_s = \frac{\sum_{i=1}^n Y_{s_i} m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}. \quad (1)$$

где X_{s_i} , Y_{s_i} - координаты перемещения виртуального центра масс МО за цикл; m_i - масса i – того звена

Таким образом, оценить неуравновешенность МО можно уже на этапе выполнения процедуры геометрического анализа (рис. 1.21).

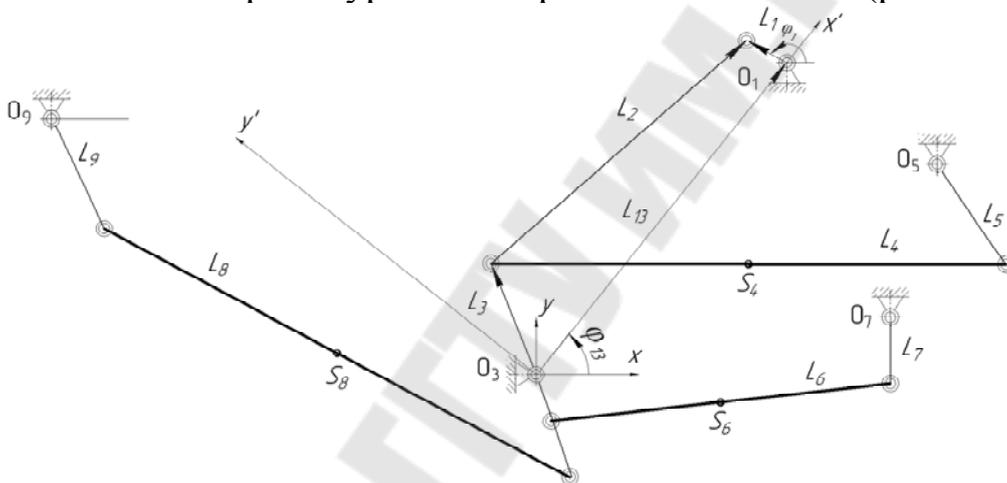


Рис. 1.21. Плоский аналог геометрической модели МО комбайна КЗС-10К

Основное силовое воздействие на раму МО оказывают не движущийся поток зернового вороха или вес звеньев механизма, а силы инерции РО, масса которых более чем на порядок выше массы остальных элементов МО.

Следующим показателем качества функционирования МО является разность кинетической энергии – ΔE_{ki} , колеблющихся в противофазе РО.

Изменяющаяся за цикл нагрузка, воздействуя на ведущее звено МО – кривошип L_1 , вызывает соответствующие отклонения его угловой скорости $\Delta \omega_1$, что также характеризует степень неуравновешенности МО.

Все вышеупомянутые выходные параметры и показатели качества определяются в функциональной математической модели (ФММ) анализа свойств МО [2].

Постановка задачи параметрической оптимизации МО требует выбора управляемых параметров, критериев оптимальности, технических ограничений и метода оптимизации [3]. Кроме того, безусловно, необходима, программно реализованная ФММ анализа свойств МО.

В качестве управляемых параметров, определяющих конструктивный вариант МО и влияющих на приведенные выше показатели качества, предлагаются: расположенные на его раме координаты центров неподвижных шарниров кривошипа и подвесок РО – $X_{01}, Y_{01}, X_{03}, Y_{03}, X_{05}, Y_{05}, X_{07}, Y_{07}, X_{09}, Y_{09}$, а также длины кривошипа, шатуна, двухплечего рычага и подвесок – L_1, L_5, L_7, L_9 (рис. 2.16).

Каждому фиксированному набору управляемых параметров $\vec{X} = \{X_{01}, Y_{01}, X_{03}, Y_{03}, X_{05}, Y_{05}, X_{07}, Y_{07}, L_1, L_5, L_7, L_9\}$ соответствуют определенные значения критериев оптимальности (показателей качества) $Y_i(X)$:

$$\vec{Y} = \{S, \Delta E_{ki}, \Delta \omega_1, \bar{R}_{01}, \Sigma \bar{R}_{0i}\}, \quad (2)$$

где S - площадь фигуры, описываемая виртуальным центром масс за цикл; \bar{R}_{01} , - среднее значение нагрузки на кривошипе; $\Sigma \bar{R}_{0i}$, - среднее суммарное значение сил реакции в в остальных неподвижных шарнирах.

Для всех критериев поиск экстремума (минимума) выполняется по методу Монте-Карло, с выбором начальной точки \vec{X}^0 , представляющей набор исходных данных, характеризующих базовый вариант МО. Последовательно, с помощью датчика случайных чисел, построенного на основе ЛП_τ - последовательности [3], выбирается N точек X_1, X_2, \dots, X_N , равномерно расположенных в области поиска. Координаты каждой точки определяются по формуле:

$$x_{ij} = x_{i \min} + \xi_{ij} (x_{i \max} - x_{i \min}), \quad i = 1 \dots n, \quad j = 1 \dots N, \quad (3)$$

где n – число параметров; ξ_{ij} – случайное число в диапазоне $[0, 1]$; $x_{i \min}/x_{i \max}$ – минимальные значения варьируемых параметров.

Искомые значения оптимизируемых параметров должны удовлетворять ряду ограничений, которые делятся на прямые и функциональные. Прямые ограничения касаются предельных значений управляемых параметров, т.е. $\vec{X}_{\min} \leq \vec{X} \leq \vec{X}_{\max}$.

К функциональным ограничениям относятся законы движения РО, и соблюдение правила “существования треугольника” (одна сто-

рона треугольника всегда меньше двух других), формирующихся из четырехзвенников замкнутой кинематической цепи (рис. 1.21).

Синтезируя МО, приходится удовлетворяться его частичным уравниванием, которое по нашему мнению выражающемся в сокращении площади фигуры, описываемой центром масс МО за цикл.

1.12. Алгоритм расчета выходных параметров механизма очистки зерноуборочного комбайна

Используемая в самоходной молотилке зерноуборочных комбайнах “Полесье” система очистки (рис. 1.19) состоит из вентилятора, щнеков, элеватора, поддонов и механизма очистки (МО). МО включает, шарнирно закрепленные на раме: маховик, шатуны, двуплечие рычаги, штанги, подвески и рабочие органы – стрясную доску, верхний и нижний решетчатые станы.

Известные двухстанные МО зерноуборочных комбайнов из ближнего и дальнего зарубежья в работе характеризуется неуравновешенностью движущихся в противофазе звеньев. Причем основное воздействие на раму МО оказывают силы инерции рабочих органов (РО), масса которых более чем на порядок выше массы других звеньев МО. Колебания рамы очистки, в свою очередь, передаются на корпус СМ, что снижает эксплуатационную надежность разъемных соединений и в целом ее несущей конструкции.

Если массами шатунов и подвесок пренебречь или привести их к массам РО, то в первом приближении МО представляет собой трехмассовую механическую систему [1]. При этом следует отметить, что каждый из РО представляет собой отработанную конструкцию со сложившимся относительным положением рабочих элементов, а также оптимальной амплитудой колебаний и траекториями движения характерных точек, варьировать которыми затруднительно, поскольку характер их движения обусловлен требованиями качественного выполнения технологического процесса очистки (разделения тяжелой и легких фракций).

Требования конкурентоспособности вынуждают увеличивать объем исследований на ранних этапах проектирования, время на доводку опытного образца сокращают за счет исследования адекватной ФММ, позволяющий выполнить многовариантный анализ задачи.

Статическое уравнивание МО реализуется если только центр масс РО будет оставаться неподвижным или двигаться равно-

мерно и прямолинейно при работе механизма [2]. Последнее невозможно, так как центр масс МО за цикл (1 оборот ведущего звена – кривошипа) описывает криволинейную траекторию. Поэтому, синтезируя МО с учетом вышеупомянутых ограничений, приходится удовлетворяться его частичным уравниванием, которое по нашему мнению выражающемся в сокращении площади фигуры, описываемой центром масс МО за цикл.

Постановка задачи кинетостатического анализа МО в соответствии с исходной 3D моделью ведет к формированию сложной математической модели. Однако, учитывая некоторые особенности трехмерной схемы МО и идеализируя механические свойства его звеньев, например, симметрию схемы в продольной плоскости, параллельность между собой осей, проходящих через центры шарниров и несжимаемость звеньев, в проекции на продольную плоскость симметрии структура МО, идентифицируется плоским одноподвижным десятизвенным шарнирно-рычажным механизмом (рис.1.22).

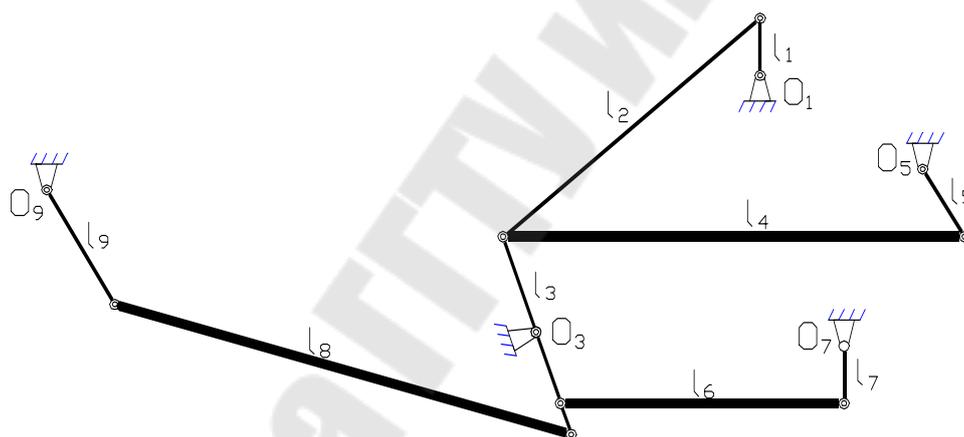


Рис. 1.22. Геометрическая модель механизма очистки зерноуборочного комбайна

Структура МО по классификации Ассур – Артоболевского [4] следующая: механизм 1-го класса (звено l_1), к которому последовательно присоединена группа Ассур 2-го класса, 1-го вида (звенья l_2-l_3), к которой, в свою очередь, параллельно присоединены 3 три группы Ассур 2-го класса 1-го вида (звенья l_4-l_5 , l_6-l_7 , l_8-l_9).

По результатам выполнения процедуры геометрического анализа определяются углы, образуемые подвижными звеньями МО в правой декартовой системе координат, координаты центров подвижных шарниров и центров тяжести рабочих органов в зависимости от обобщенной координаты – угла поворота кривошипа (l_1).

Аналитические выражения угловых скоростей и ускорений подвижных звеньев были получены на основе дифференцирования по обобщенной координате выражений для соответствующих углов.

На их основе были получены выражения для линейных скоростей и ускорений центров масс звеньев. Как геометрический, так и кинематический анализы МО были выполнены на основе метода замкнутых векторных контуров [3]. Для проверки правильности расчета кинематические характеристики определялись также по известным методам численного дифференцирования.

Силовой анализ МО выполняется по группам Ассура в обратном порядке, с учетом влияния сил и моментов инерции, действующих на рабочие органы (звенья). По результатам силового анализа были определены реакции в шарнирах МО, а после уточнения закона движения ведущего звена и потери на трение.

Предварительный анализ показал, что **инерционные характеристики маховика и связанного с ним вентилятора** оказывают существенное стабилизирующее влияние на **изменение угловой скорости кривошипа** за цикл.

Представленный здесь алгоритм расчета может быть использован для аналитических исследований МО аналогичной структуры. При этом программные модули могут при необходимости дополняться и составляют основу для прикладной программы параметрического синтеза МО.

1.13. Принятие решений при автоматизированном проектировании типовых зубчатых редукторов

Наиболее распространенными приводами в машиностроении являются редукторы с цилиндрическими и коническими зубчатыми передачами. Одним из направлений увеличения их нагрузочных способностей и получения их наилучших показателей является многокритериальная оптимизация параметров передач, что не требует улучшения качества материала и других мероприятий, повышающих стоимость привода. При этом применен подход, связанный с математическим моделированием редуктора и сведением исходной задачи проектирования к задаче принятия решения в условиях многокритериальности [1].

Оптимизационные модели приводов

Математические модели приводов имеют следующую структуру:

$$\begin{aligned}
Y &= F(X, P) \rightarrow \min(\max), \\
f_j(X, P) &\leq (=, \geq) C_j, \quad j = \overline{1, m}, \\
x_{i\min} &\leq x_i \leq x_{i\max}, \quad i = \overline{1, n},
\end{aligned}
\tag{1}$$

где Y – вектор показателей привода; X – вектор оптимизируемых (управляемых) параметров привода; P – вектор постоянных (неуправляемых) параметров привода; F – оператор математических и логических действий, устанавливающих соответствие между множествами Y , X и P ; f – совокупность аналитических и (или) алгоритмических зависимостей, определяющих допустимое множество проектных решений; C – константы, характеризующие прочностные, технологические, конструктивные и др. условия функционирования привода; m – количество функциональных ограничений; n – количество оптимизируемых параметров.

Оптимизируемые параметры

Для одноступенчатого цилиндрического и конического редукторов оптимизируемыми параметрами будут:

- модуль зацепления – m ;
- число зубьев шестерни – z_1 ;
- отношение рабочей ширины зубчатого венца шестерни b_w к диаметру шестерни $d_w - \psi_{bd}$.

Для двухступенчатых редукторов оптимизируемыми параметрами будут:

- модуль зацепления 1-ой ступени – m_1 ;
- модуль зацепления 2-ой ступени – m_2 ;
- число зубьев шестерни 1-ой ступени – z_{11} ;
- число зубьев шестерни 2-ой ступени – z_{21} ;
- передаточное число 2-ой ступени – U_2 ;
- отношение рабочей ширины зубчатого венца шестерни b_{w1} к диаметру шестерни $d_{w1} - \psi_{bd1}$;
- отношение рабочей ширины зубчатого венца шестерни b_{w2} к диаметру шестерни $d_{w2} - \psi_{bd2}$.

Постоянные параметры

Для одноступенчатого цилиндрического и конического редукторов постоянными параметрами будут:

- частота вращения вала электродвигателя (с учетом коэффициента скольжения), 1/мин – $n_{эл}$;

- частота вращения выходного вала, 1/мин – $n_{\text{вых}}$;
- мощность электродвигателя, кВт – $P_{\text{эл}}$;
- срок службы привода, лет – L_h ;
- коэффициент годового использования, – $K_{\text{год}}$;
- коэффициент суточного использования, – $K_{\text{сут}}$;
- твердости поверхностей и сердцевин колеса и шестерни.

Для двухступенчатых редукторов входными параметрами будут:

- частота вращения вала электродвигателя (с учетом коэффициента скольжения), 1/мин – $n_{\text{эл}}$;
- частота вращения выходного вала, 1/мин – $n_{\text{вых}}$;
- мощность электродвигателя, кВт – $P_{\text{эл}}$;
- срок службы привода, лет – L_h ;
- коэффициент годового использования – $K_{\text{год}}$;
- коэффициент суточного использования – $K_{\text{сут}}$;
- твердости поверхностей и сердцевин колес и шестерней первой и второй передачи.

Твердости материалов можно задавать в НВ(≤ 350) либо HRC(40..56).

Технические ограничения.

Функциональные ограничения включают проверку проектного варианта по следующим условиям:

- размещения зубчатых колес на валах;
- непересечения зубчатых колес с валами при заданном радиальном зазоре;
- размещения подшипниковых узлов;
- на прочность по контактной и изгибной выносливостям зубчатых колес [2, 3].

Также при проектировании приводов область поиска ограничивается предельными значениями искомым параметров, учитывающих условия работы передачи, соображения инженерного характера, а также регламентацию нормами и ГОСТами [2, 3].

Параметрические ограничения описаны следующими условиями:

- число зубьев конического колеса $17 < z_{1к} < 40$;
- число зубьев цилиндрического колеса $19 < z_{1к} < 40$;
- передаточное отношение цилиндрической передачи $1,5 < U_2 < 8$;
- величина ψ_{bd} влияет на распределение нагрузки по ширине венца, и правильный подход к ее выбору является необходимым ус-

ловием для обеспечения рациональной конструкции. В зависимости от материалов и термообработки зубьев зубчатых колес, схемы передачи, вида нагрузки выбирается максимальное значение величины ψ_{bd} , при котором прирабатывание зубьев шестерни и колеса и выравнивание нагрузки по ширине венца находится в допустимых пределах 0,6-2,0. Предел уменьшения величины ψ_{bd} , при котором нарушается жесткость зубчатых колес или рациональность конструкции, зависит от специфики производства, конструкции и материала зубчатых колес и принимается равным 0,4.

Критерии оптимальности

Для одноступенчатых редукторов критериями оптимальности являются:

1. равнопрочность контактных и изгибных напряжений

$$Y = \left| \frac{\sigma_H}{[\sigma]_H} - \max \left\{ \frac{\sigma_{F2}}{[\sigma]_{F2}}, \frac{\sigma_{F1}}{[\sigma]_{F1}} \right\} \right| \rightarrow \min. \quad (2)$$

2. объем передачи

- для конической передачи:

$$V = (d_{11} \cdot d_{12} \cdot d_{12}) \rightarrow \min, \quad (3)$$

где d_{11} – диаметр шестерни;

d_{12} – диаметр колеса;

- для цилиндрической передачи:

$$V = (d_{11} + d_{12}) \cdot d_{12} \cdot b \rightarrow \min, \quad (4)$$

где b – ширина венца шестерни.

Для двухступенчатых редукторов в качестве критериев оптимальности были выбраны:

1. общий объем привода

- для цилиндрической передачи:

$$V = \left(\frac{(d_{11} + d_{22})}{2} + a_{w1} + a_{w2} \right) (b_1 + b_2) \max\{d_{12}; d_{22}\} \rightarrow \min, \quad (5)$$

где d_{11} – диаметр шестерни первой ступени;

d_{12} – диаметр колеса первой ступени;

d_{22} – диаметр колеса второй ступени;

a_{w1}, a_{w2} – межосевые расстояния ступеней;

- для коническо-цилиндрической передачи:

$$V = \frac{(d_{21} + d_{22})}{2} d_{11} \max\{d_{12}; d_{22}\} \rightarrow \min; \quad (6)$$

2. равнопрочность контактных и изгибных напряжений 1-ой ступени: .

$$R_1 = \left| \frac{\sigma_{H1}}{[\sigma]_{H1}} - \max\left\{ \frac{\sigma_{F21}}{[\sigma]_{F21}}, \frac{\sigma_{F11}}{[\sigma]_{F11}} \right\} \right| \rightarrow \min; \quad (7)$$

3. равнопрочность контактных и изгибных напряжений 2-ой ступени:

$$R_2 = \left| \frac{\sigma_{H2}}{[\sigma]_{H2}} - \max\left\{ \frac{\sigma_{F22}}{[\sigma]_{F22}}, \frac{\sigma_{F12}}{[\sigma]_{F12}} \right\} \right| \rightarrow \min; \quad (8)$$

4. разность равнопрочностей 1-ой и 2-ой ступеней:

$$R_3 = |R_2 - R_1| \rightarrow \min. \quad (9)$$

Поиск решения

Для поиска компромиссного по нескольким критериям проектного решения используется подсистема многокритериальной оптимизации, созданной в БНТУ диалоговой системы DMS, базирующаяся на методе исследования пространства оптимизируемых параметров [4] с выделением паретовских решений и определением из них окончательного варианта формальными или интерактивными методами [5].

Укрупненная схема работы подсистемы приведена на рис. 1.23.

Задание на проектирование осуществляется в диалоговом режиме путем указания схемы привода и соответствующего ей списка и диапазонов изменения оптимизируемых параметров и набора критериев оптимальности. В результате обработки списка формируется оптимизационная модель привода и файл постоянных параметров, содержащий сведения о передаваемых нагрузках, условиях работы и материалах зубчатых колес.

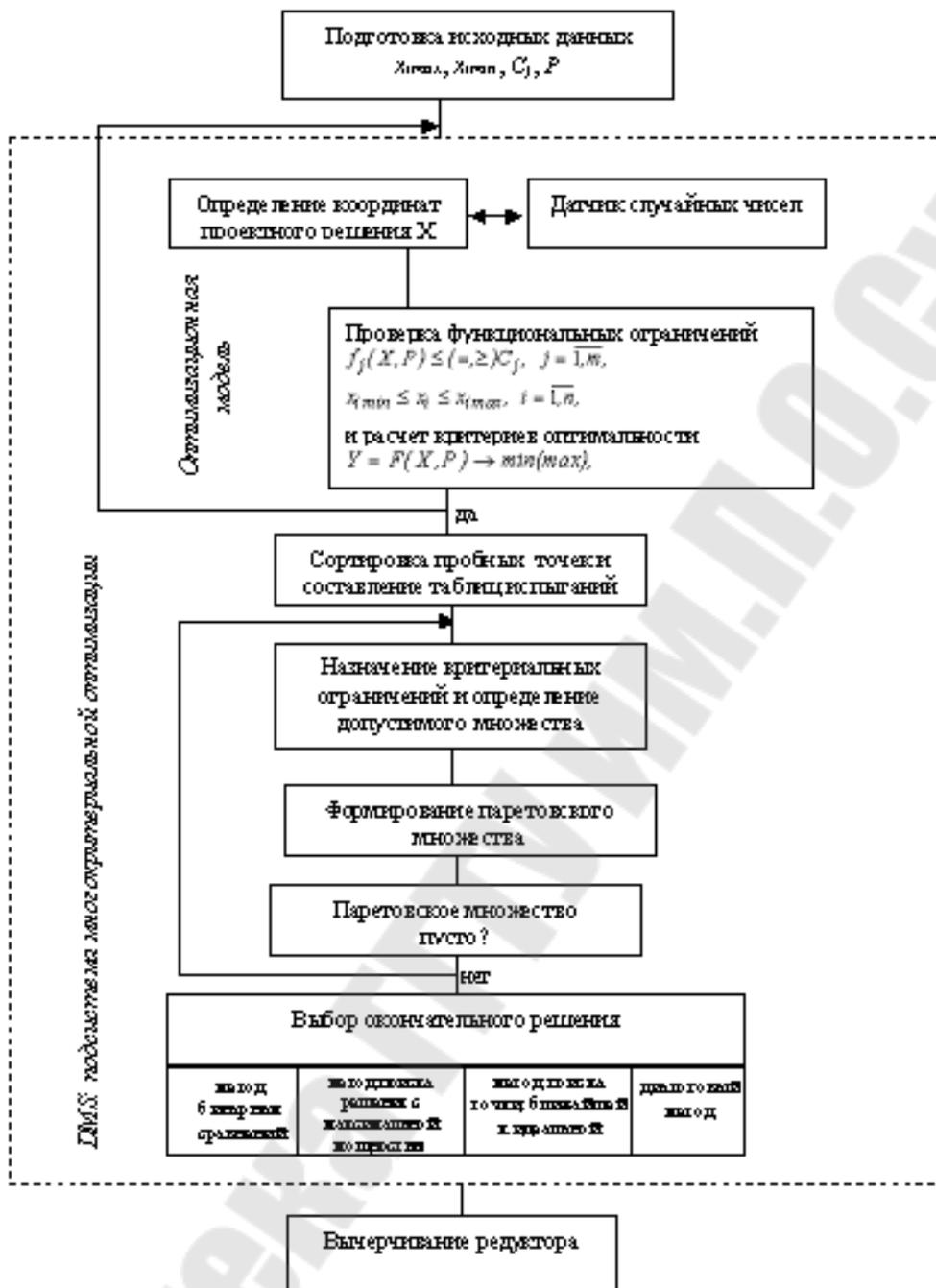


Рис. 1.23. Укрупненная схема проектирования редукторов

Файл, содержащий оптимизационную модель привода, передается в подсистему многокритериальной оптимизации, которая для поиска решения выполняет следующие действия:

генерирует проектные решения с учетом технических ограничений и составляет таблицы испытаний. На данном шаге применяется метод Монте-Карло с использованием датчика случайных чисел

1. с повышенной равномерностью, основанный на LPτ-последовательности [4];

2. строит упорядоченные таблицы испытаний по каждому критерию, которые в дальнейшем необходимы для назначения критериальных ограничений;

3. определяет допустимое множество на основании введенных критериальных ограничений, из которого в дальнейшем выделяет множество компромиссов;

4. выбирает окончательное решение задачи из множества компромиссов. Для этого предусмотрены следующие возможности:

4.1. формальные методы:

- *метод бинарных отношений*

Паретовские решения сравниваются попарно друг с другом по совокупности критериев (количество решений, где этот критерий лучше, и количество решений, где этот критерий хуже). На основе полученных данных строится таблица сравнений, аналогичная шахматной. После суммирования выигрышных ситуаций лучшим признается решение с максимальной суммой.

- *метод поиска решения с максимальной мощностью*

Под мощностью решения понимают количество сгенерированных точек в допустимом множестве, худших по отношению к рассматриваемой сразу по всем критериям. Таким образом, для нахождения лучшего решения, необходимо просмотреть все допустимое множество для каждого решения и определить ее мощность. Лучшим признается решение с наибольшей мощностью.

- *метод поиска точки, ближайшего к идеальной по евклидовому расстоянию*

Под идеальным решением понимается решение, задаваемое проектировщиком или соответствующее решению с наилучшими значениями по каждому из критериев.

4.2. Диалоговый метод

Использование формальных методов желательно лишь тогда, когда проектировщик не может указать важность критериев, т. е. он не может ввести дополнительную информацию, учитывая которую система могла бы принять решение. При наличии системы предпочтений проектировщик имеет возможность ввести степень важности и функцию полезности по каждому критерию, на основе чего формируется аддитивный критерий оптимальности. Таким образом, задача сводится к однокритериальной и окончательное решение определяет-

ся бионическим алгоритмом, обладающим глобальными свойствами [6].

Полученные значения диаметров и ширин зубчатых колес могут импортироваться в любую CAD систему для вычерчивания редуктора. На рис. 1.24, 1.25 приведены примеры чертежей спроектированных системой редукторов, выполненные в среде КОМПАС-3D V7.0.

Выводы

Апробация разработанных алгоритмов и программ путем расчета реальных редукторов, спроектированных опытными конструкторами, показала, что затраты времени для автоматизированного проектирования сокращаются в 5-6, а стоимость проектирования в 6-8 раз, а показатели редукторов с параметрами, определенными на ЭВМ, в среднем на 8-10% лучше. Это дает основание рекомендовать предложенный метод проектирования в случаях, когда основными являются жесткие требования к одному или нескольким показателям привода.

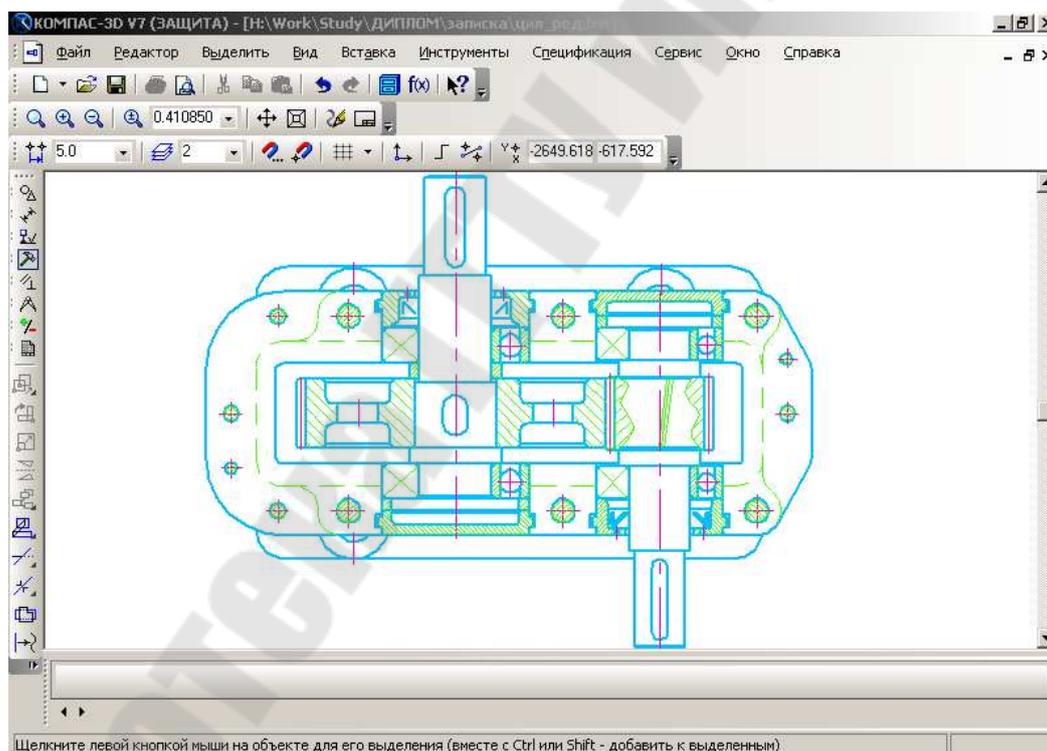


Рис. 1.24. Пример чертежа цилиндрического редуктора, выполненного в среде КОМПАС-3D V7.0. на основании данных, рекомендованных подсистемой многокритериальной оптимизации

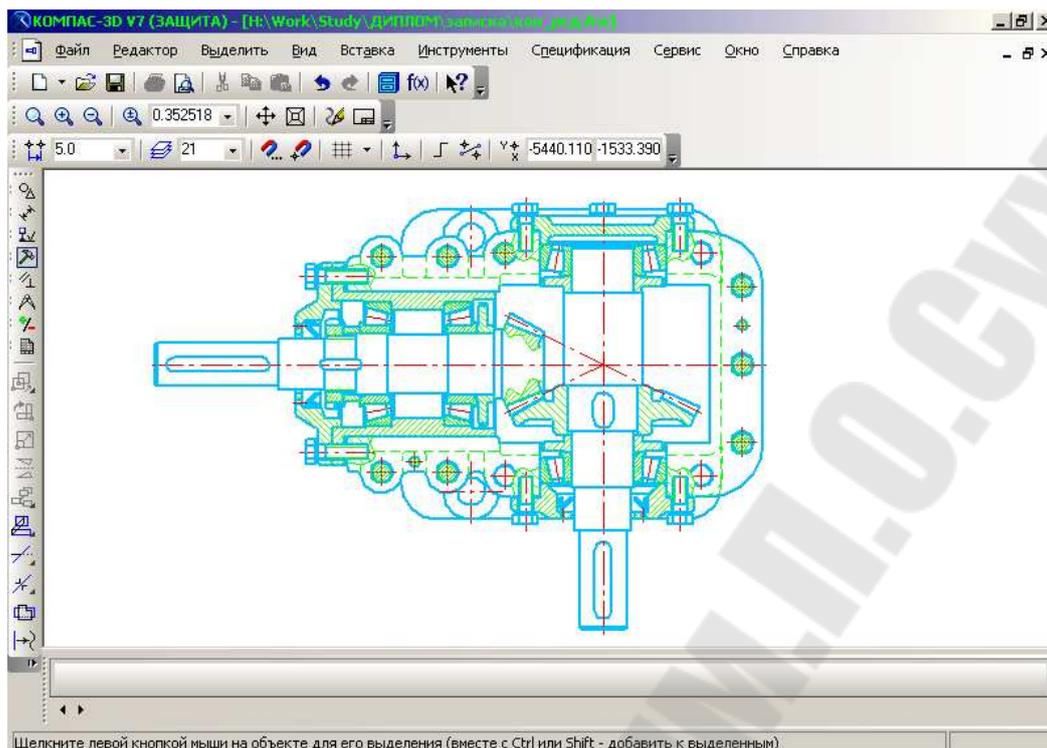


Рис. 1.25. Пример чертежа конического редуктора, выполненного в среде КОМПАС-3D на основании данных, рекомендованных подсистемой многокритериальной оптимизации

1.14. ПРОЕКТИРУЮЩИЕ ПОДСИСТЕМЫ УБОРОЧНЫХ МАШИН

Место проектирующих подсистем в САПР мобильной техники

Проектирующие подсистемы уборочных машин имеют объектную ориентацию. Применение таких подсистем позволяет решать одну или несколько связанных проектных задач при проектировании уборочной машины или разработке формализованного описания технологического процесса. В свою очередь, проектирующие подсистемы можно разделить на объектно-ориентированные и объектно-независимые. Примерами проектирующих объектно-ориентированных подсистем могут служить:

- подсистема проектирования кабины;
- подсистема проектирования молотильно-сепарирующего устройства;
- подсистема проектирования питающе-измельчающего аппарата;
- подсистема генерирования кинематической схемы жаток;
- подсистема расчета несущих конструкций зерноуборочных комбайнов.

Приведенные примеры характеризуются спецификой решаемых проектных задач, обусловленной узостью класса объектов проектирования.

Проектирующие объектно-независимые подсистемы предназначены для эффективного решения типовых, широко распространенных проектных процедур. Например:

- подсистема конструирования клиноременных передач;
- подсистема проектирования подъемно-навесного устройства;
- подсистема расчета соединений вал-ступица и др.

Действительно, последние подсистемы способны решать поставленные задачи независимо от объектов проектирования – будь то зерноуборочный комбайн или трактор.

Особенности современных САПР

На современном уровне развития САПР невозможно представить без компьютера, однако компьютеры не могут широко использоваться в подпроцессе синтеза, поскольку они не обладают способностью хорошо обрабатывать качественную информацию. На этом этапе разработчик может, например, при помощи баз данных успешно собирать важную для анализа осуществимости проекта информацию, а также пользоваться данными из каталогов. Непросто представить себе использование компьютера и в процессе концептуализации проекта, потому что компьютер пока еще не стал мощным средством для интеллектуального творчества. На этом этапе компьютер может сделать свой вклад, обеспечивая эффективность создания различных концептуальных проектов.

Полезными могут оказаться средства *параметрического* и *геометрического* моделирования, а также макропрограммы в *системах автоматизированной разработки чертежей (computer-aided drafting)*. Все это типичные примеры систем CAD. *Система геометрического моделирования (geometric modeling system)* – это трехмерный эквивалент системы автоматизированной разработки чертежей, то есть программный пакет, работающий с трехмерными, а не с плоскими объектами. В аналитической фазе проектирования ценность компьютеров проявляется по-настоящему. Программных пакетов для анализа напряжений, контроля столкновений и кинематического анализа существует столько, что приводить какие-либо названия смысла не имеет. Эти программные пакеты относятся к средствам автоматизированного конструирования (CAE). Главная проблема, связанная с их использованием, заключается в необходимости формирования

аналитической модели. Проблемы не существовало бы если аналитическая модель автоматически выводилась из концептуального проекта. Однако, как уже отмечалось, аналитическая модель не идентична концептуальному проекту – она выводится из него путем исключения несущественных деталей и редукции размерностей. Необходимый уровень абстракции зависит от типа анализа и желаемой точности решения. Следовательно, автоматизировать процесс абстрагирования достаточно сложно, поэтому аналитическую модель часто создают отдельно.

Обычно абстрактная модель проекта создается в системе разработки рабочих чертежей или в системе геометрического моделирования, а иногда с помощью встроенных средств аналитического пакета. Аналитические пакеты обычно требуют, чтобы исследуемая структура была представлена в виде объединения связанных сеток, разделяющих объект на отдельные участки, удобные для компьютерной обработки. Если аналитический пакет может генерировать сетку автоматически, человеку остается задать только границы абстрактного объекта. В противном случае сетка также создается пользователем либо в интерактивном режиме, либо автоматически, но в другой программе. Процесс создания сетки называется *моделированием методом конечных элементов (finite-element modeling)*. Моделирование этим методом включает в себя также задание граничных условий и внешних нагрузок.

Подпроцесс анализа может выполняться в цикле оптимизации проекта по каким-либо параметрам. Разработано множество алгоритмов поиска оптимальных решений, а на их основе построены коммерчески доступные программы. Процедура оптимизации может считаться компонентом системы автоматизированного проектирования, но более естественно рассматривать эту процедуру отдельно.

Фаза оценки проекта также выигрывает от использования компьютера. Если для оценки проекта нужен прототип, мы можем быстро сконструировать его по заданному проекту при помощи программных пакетов, генерирующих код для машины быстрого прототипирования. Такие пакеты считаются программами для автоматизированной подготовки производства (САМ). Разумеется, форма прототипа должна быть определена заранее в наборе входных данных. Данные, определяющие форму, получаются в результате геометрического моделирования. *Быстрое прототипирование* – удобный способ конструирования прототипа, однако еще удобнее пользоваться виртуальным прото-

типом, который часто называется «цифровой копией» (*digital mock-up*) и позволяет получить столь же полезные сведения. Когда аналитические средства для работы с цифровыми копиями станут достаточно мощными, чтобы давать столь же точные результаты, что и эквивалентные эксперименты на реальных прототипах, цифровые копии начнут вытеснение обычных прототипов. Эта тенденция будет усиливаться по мере совершенствования технологий виртуальной реальности, позволяющих нам ощущать цифровую копию так же, как реальный прототип. Построение цифровой копии называется *виртуальным прототипированием*. Виртуальный прототип может быть создан и в специализированной программе геометрического моделирования. Последняя фаза процесса разработки – подготовка проектной документации. На этом этапе чрезвычайно полезным оказывается использование систем подготовки рабочих чертежей. Способность подобных систем работать с файлами позволяет систематизировать хранение и обеспечить удобство поиска документов.

Автоматизированное проектирование (computer-aided design – CAD) представляет собой технологию, состоящую в использовании компьютерных систем для облегчения создания, изменения, анализа и оптимизации проектов. Таким образом, любая программа, работающая с компьютерной графикой, так же как и любое приложение, используемое в инженерных расчетах, относится к системам автоматизированного проектирования. Другими словами, множество средств САД простирается от геометрических программ для работы с формами до специализированных приложений для анализа и оптимизации. Между этими крайностями умещаются программы для анализа допусков, расчета масс-инерционных свойств, моделирования методом конечных элементов и визуализации результатов анализа. Самая основная функция САД – определение геометрии конструкции (детали механизма, архитектурные элементы, электронные схемы, планы зданий и т. п.), поскольку геометрия определяет все последующие этапы жизненного цикла продукта. Для этой цели обычно используются системы разработки рабочих чертежей и геометрического моделирования. Вот почему эти системы обычно и считаются системами автоматизированного проектирования. Более того, геометрия, определенная в этих системах, может использоваться в качестве основы для дальнейших операций в системах CAE и CAM. Это одно из наиболее значительных преимуществ САД, позволяющее экономить время и сокращать количество ошибок, связанных с необходимостью опреде-

лять геометрию конструкции с нуля каждый раз, когда она требуется в расчетах. Можно, следовательно, утверждать, что системы автоматизированной разработки рабочих чертежей и системы геометрического моделирования являются наиболее важными компонентами автоматизированного проектирования.

Автоматизированное производство (computer-aided manufacturing – САМ) – это технология, состоящая в использовании компьютерных систем для планирования, управления и контроля операций производства через прямой или косвенный интерфейс с производственными ресурсами предприятия. Одним из наиболее зрелых подходов к автоматизации производства является числовое программное управление (ЧПУ, numerical control – NC). ЧПУ заключается в использовании запрограммированных команд для управления станком, который может шлифовать, резать, фрезеровать, штамповать, изгибать и иными способами превращать заготовки в готовые детали. В наше время компьютеры способны генерировать большие программы для станков с ЧПУ на основании геометрических параметров изделий из базы данных САД и дополнительных сведений, предоставляемых оператором. Исследования в этой области концентрируются на сокращении необходимости вмешательства оператора.

Еще одна важная функция систем автоматизированного производства – программирование роботов, которые могут работать на гибких автоматизированных участках, выбирая и устанавливая инструменты и обрабатываемые детали на станках с ЧПУ. Роботы могут также выполнять свои собственные задачи, например заниматься сваркой, сборкой и переносом оборудования и деталей по цеху. Планирование процессов также постепенно автоматизируется. План процессов может определять последовательность операций по изготовлению устройства от начала и до конца на всем необходимом оборудовании. Хотя полностью автоматизированное планирование процессов, как уже отмечалось, практически невозможно, план обработки конкретной детали вполне может быть сформирован автоматически, если уже имеются планы обработки аналогичных деталей. Для этого была разработана технология группировки, позволяющая объединять схожие детали в семейства. Детали считаются подобными, если они имеют общие производственные особенности (гнезда, пазы, фаски, отверстия и т. д.). Для автоматического обнаружения схожести деталей необходимо, чтобы база данных САД содержала сведения о таких особенностях. Эта задача осуществляется при помощи объектно-

ориентированного моделирования или распознавания элементов. Вдобавок, компьютер может использоваться для того, чтобы выявлять необходимость заказа исходных материалов и покупных деталей, а также определять их количество исходя из графика производства. Называется такая деятельность планированием технических требований к материалу (*material requirements planning – MRP*). Компьютер может также использоваться для контроля состояния станков в цехе и отправки им соответствующих заданий.

Автоматизированное конструирование (*computer-aided engineering – CAE*) – это технология, состоящая в использовании компьютерных систем для анализа геометрии САД, моделирования и изучения поведения продукта для усовершенствования и оптимизации его конструкции. Средства САЕ могут осуществлять множество различных вариантов анализа. Программы для кинематических расчетов, например, способны определять траектории движения и скорости звеньев в механизмах. Программы динамического анализа с большими смещениями могут использоваться для определения нагрузок и смещений в сложных составных устройствах типа автомобилей. Программы верификации и анализа логики и синхронизации имитируют работу сложных электронных цепей. По всей видимости, из всех методов компьютерного анализа наиболее широко в конструировании используется *метод конечных элементов (finite-element method – FEM)*. С его помощью рассчитываются напряжения, деформации, теплообмен, распределение магнитного поля, потоки жидкостей и другие задачи с непрерывными средами, решать которые каким-либо иным методом оказывается просто непрактично. В методе конечных элементов аналитическая модель структуры представляет собой соединение элементов, благодаря чему она разбивается на отдельные части, которые уже могут обрабатываться компьютером. Как отмечалось ранее, для использования метода конечных элементов нужна абстрактная модель подходящего уровня, а не сама конструкция. Абстрактная модель отличается от конструкции тем, что она формируется путем исключения несущественных деталей и редуцирования размерностей. Например, трехмерный объект небольшой толщины может быть представлен в виде двумерной оболочки. Модель создается либо в интерактивном режиме, либо автоматически. Готовая абстрактная модель разбивается на конечные элементы, образующие аналитическую модель. Программные средства, позволяющие конструировать абстрактную модель и разбивать ее на конечные элементы, называются *препроцессор-*

рами (*preprocessors*). Проанализировав каждый элемент, компьютер собирает результаты воедино и представляет их в визуальном формате. Например, области с высоким напряжением могут быть выделены красным цветом. Программные средства, обеспечивающие визуализацию, называются *постпроцессорами* (*postprocessors*).

Существует множество программных средств для оптимизации конструкций. Хотя средства оптимизации могут быть отнесены к классу САЕ, обычно их рассматривают отдельно. Ведутся исследования возможности автоматического определения формы конструкции путем объединения оптимизации и анализа. В этих подходах исходная форма конструкции предполагается простой, как, например, у прямоугольного двумерного объекта, состоящего из небольших элементов различной плотности. Затем выполняется процедура оптимизации, позволяющая определить конкретные значения плотности, позволяющие достичь определенной цели с учетом ограничений на напряжения. Целью часто является минимизация веса. После определения оптимальных значений плотности рассчитывается оптимальная форма объекта. Она получается отбрасыванием элементов с низкими значениями плотности.

Замечательное достоинство методов анализа и оптимизации конструкций заключается в том, что они позволяют конструктору увидеть поведение конечного продукта и выявить возможные ошибки до создания и тестирования реальных прототипов, избежав определенных затрат. Поскольку стоимость конструирования на последних стадиях разработки и производства продукта экспоненциально возрастает, ранняя оптимизация и усовершенствование (возможные только благодаря аналитическим средствам САЕ) окупаются значительным снижением сроков и стоимости разработки.

Таким образом, технологии CAD, CAM и CAE, используемая в проектирующих подсистемах заключаются в автоматизации и повышении эффективности конкретных стадий жизненного цикла продукта. Развиваясь независимо, эти системы еще не до конца реализовали потенциал интеграции проектирования и производства. Для решения этой проблемы была предложена новая технология, получившая название *компьютеризованного интегрированного производства* (*computer-integrated manufacturing – CIM*).

РАЗДЕЛ 2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ УБОРОЧНЫХ МАШИН

2.1. Эксплуатационно-технологические свойства уборочных машин

Агротехнологические свойства уборочных машин

Агротехнологические свойства уборочных машин характеризуют качество выполнения технологических процессов. Для каждого тех- процесса и различных типов машин применяют десятки разнообразных показателей оценки их агротехнологических свойств и результатов работы. Всего насчитывается их более тысячи. Все показатели можно условно классифицировать по следующим группам.

Первая группа показателей характеризует технологические возможности (условия применимости или пропускную способность) сельскохозяйственных машин. К ним относятся предельные или рекомендуемые показатели фона, режимов работы и других характеристик, определяющих допустимость технологического процесса: влажность, засоренность и твердость почвы, урожайность, полеглость культур, скорость движения и т. п.

Вторая группа показателей оценивает качество работы машин, чаще всего в благоприятных или типичных условиях при оптимальных и предельных режимах работы.

Для основных видов машин эти показатели следующие:

– почвообрабатывающих – глубина обработки, подрезание сорняков и заделка растительных остатков, крошение почвы, выровненность поверхности;

– посевных и посадочных – количество семян (растений) и распределение их по площади (в рядах, гнездах), глубина и качество их заделки, повреждение семян или растений (рассады, саженцев), величина прослойки почвы между семенами и удобрениями и т. п.;

– по уходу за посевами – уничтожение сорняков, повреждение культурных растений, норма внесения специальных материалов (ядохимикатов, воды, удобрений, подкормок растений и т. п.);

– уборочных – потери, повреждения и засорение примесями основной и сопутствующей продукции (зерно, клубни, корнеплоды, волокно, плоды, солома и др.), засорение почвы сорняками и т. п.;

– послеуборочной обработки – потери, повреждения и засорение продукции, снижение и порча (сохранность) питательных свойств и сортности (товарная, семенная) продукция и др.

Третья группа показателей определяет устойчивость протекания технологического процесса при различных внешних условиях.

Обобщающий и результативный показатель характеризует агротехнологические свойства машин – их влияние на плодородие почв, на получаемую урожайность, качество и сохранность продукции.

Подробно агротехнологические свойства рабочих машин рассматриваются в курсах «Основы агрономии» («Технология производства сельскохозяйственной продукции»), «Сельскохозяйственные и мелиоративные машины» и приводятся в справочной литературе.

Соблюдение агротехнических требований в процессе эксплуатации машин сравнивают с соответствующими нормативами и оценивают в пределах допускаемых отклонений балльной оценкой.

Агротехнические требования к мобильным энергетическим средствам

Для выполнения с/х работы требуется источник энергии. Сочетание этого источника с машинами и орудиями называется агрегатом. Если источником энергии служит трактор, то такой агрегат называется машинно–тракторным агрегатом (МТА). МТА подразделяются на подвижные и стационарные.

По способу соединения трактора с машиной агрегаты подразделяются на прицепные, навесные и полунавесные.

По отношению рабочих органов машины к оси симметрии трактора агрегаты подразделяются на симметричные и ассиметричные. Различаются агрегаты и по видам работ (пахотные, посевные и т. д.).

Сельскохозяйственные предприятия имеют большое количество разнообразных марок тракторов, машин, позволяющих составлять различные агрегаты для выполнения работ, но существуют общие требования, которым они должны отвечать:

- соответствовать требованиям агротехники;
- при рациональной загрузке они должны обеспечить наивысшую производительность с наименьшими затратами и хорошее качество выполняемых работ.

Основные эксплуатационные свойства МТА

Основные эксплуатационные свойства агрегатов складываются из свойств тракторов и агрегатируемых с ними сельскохозяйственных машин. Знание их позволяет правильно комплектовать агрегаты и выбрать скоростные режимы их работы, а от этого во многом зависит эффективность использования машинно–тракторного парка.

Основными эксплуатационными показателями тракторов являются: мощность двигателя, число оборотов коленчатого вала двигателя в минуту, мощность и сила тяги на крюке, скорость движения, часовой и удельный расход топлива, тип ходового аппарата, дорожный просвет, колея, удельное давление трактора на почву, емкость топливного бака и ряд других свойств.

Величина этих потерь меньше на плотных почвах, чем на рыхлых. У гусеничных тракторов буксование меньше, чем у колесных.

Буксование трактора определяется в процентах.

Допустимое буксование у колесных тракторов не должно превышать 15%, у гусеничных – 6–8%. Поэтому в целях уменьшения буксования у колесных тракторов предусматриваются полугусеничный ход, увеличители сцепного веса, дополнительные грузы в виде емкости для песка и воды, блокировка дифференциала и ряд других устройств.

Потери мощности на самопередвижение снижаются с увеличением давления в шинах у колесных тракторов и уменьшением их массы (путем снятия грузов) при работе на транспортных операциях.

При перегрузках трактора тяговая мощность и скорость движения его снижаются, но тяговое усилие повышается.

Соблюдение агротехнических требований в процессе эксплуатации машин сравнивают с соответствующими нормативами и оценивают в пределах допускаемых отклонений балльной оценкой.

Тяговое сопротивление с/х агрегата. Пути улучшения эксплуатационно–технологических свойств с/х машины

Тяговое сопротивление рабочей машины – суммарная сила сопротивления, возникающая при перемещении по полю. Общее тяговое сопротивление складывается из сил сопротивления перемещению машины по полю в составе агрегата и сил взаимодействия рабочих органов с обрабатываемой средой. Тяговое сопротивление машин определяется по формуле:

$$R_m = K_m b_m$$

где b_m – ширина захвата машины, м; K_m – удельное сопротивление машины, Н/м.

На тяговое сопротивление машин влияет множество факторов, значительная часть которых в процессе работы изменяется случайным (в вероятностном смысле) образом. Соответственно и тяговое сопротивление машин будет иметь вероятностный характер измене-

ния. От изменчивости тягового сопротивления машин зависят показатели работы двигателя: развиваемая мощность; удельный расход топлива; показатели надежности.

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

$$R_M = K_M b_M$$

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

Сопротивление перемещению машин также входит в состав K_M . Значения K_M для соответствующих видов работ определяют по результатам опытов. Численное значение удельного тягового сопротивления в указанном диапазоне определяют из равенства:

$$K_M = K_{M0} [1 + AK(\vartheta \sim \vartheta_0)],$$

где K_{M0} – удельное сопротивление при скорости до $\vartheta_0 = 1,4$ м/с (5 км/ч), кН/м; AK – относительное приращение удельного сопротивления при увеличении скорости на 1 м/с.

Численные значения K_{M0} , а также AK для всех основных типов машин приводятся в справочной литературе.

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

$$K_M = K_{M0} [1 + AK(\vartheta \sim \vartheta_0)] + / - 10 - 3 m_{my} g \sin \alpha$$

m_{my} – удельная масса машины, приходящаяся на 1 м ширины захвата, кг/м.

Суммарное удельное тяговое сопротивление всего агрегата:

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

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

Эффективные пути повышения эксплуатационно-технологических свойств с/х машин:

- увеличить мощность N_H путем создания более мощной с/х техники;
- увеличить коэффициент загрузки двигателя N_e путем выбора рационального состава и скоростного режима МТА;
- увеличить тяговый КПД трактора и КПД ВОМ за счет конструктивного совершенствования;

- увеличить коэффициент использования времени смены путем сокращения непроизводительных потерь времени смены;
- увеличить коэффициент сменности $K_{см}$ путем создания необходимых материальных и организационных условий для многосменной работы; увеличить пропускную способность уборочных агрегатов.

2.2. МОЩНОСТНЫЕ И ТЯГОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ УБОРОЧНОГО АГРЕГАТА. ПОДБОР И РАСЧЕТ ЕГО СОСТАВА

Мощностные и тяговые показатели трактора

Баланс мощности. Энергетические свойства трактора (т. е. возможности, но не фактические затраты) зависят от энергетических свойств двигателя и потерь в процессе передачи энергии от двигателя к трактору при образовании движущей силы, силы тяги или при передаче вращения (приводе) через ВОМ.

Основными энергетическими характеристиками трактора являются его показатели (в частности, мощность) при номинальном режиме, определяемые балансом номинальной мощности.

Потери мощности. Потери мощности $N_{тр}^*$ состоят из следующих слагаемых:

а) потерь в трансмиссии при передаче мощности на тягу – механические потери, включая потери на трение:

$$N_{тр}^* = N_{ер} - N_{ВОМН} - N_{ПОТН}$$

где $N_{ер}$ – номинальная тяговая мощность трактора (на крюке) при наличии отбора мощности через ВОМ; $N_{ВОМН}$ – мощность трактора (при номинальной частоте вращения двигателя), идущая на ВОМ; $N_{ПОТН}$ – потери мощности при передаче энергии от двигателя (при номинальном режиме) на ВОМ и натягу.

Потери мощности. Потери мощности $N_{ПОТН}$ состоят из следующих слагаемых:

а) потерь в трансмиссии (при передаче мощности на тягу – механические потери, включая потери на трение в звеньях гусениц, при передаче мощности через вал отбора мощности;

б) потерь на передвижение (качение) трактора N_f , потерь на преодоления подъема N_α , потерь на буксование N_e .

Как известно, мощность представляет собой произведение силы на скорость. Соответственно потери мощности по элементам могут быть связаны с потерями либо силы, либо скорости: потери в трансмиссии и потери на буксование N_e отражают скоростные потери, а потери на передвижение N_f и на преодоление подъема N_α – потери усилий.

Принимая допущение, что на холостом ходу трактор не пробуксовывает, коэффициент буксования определяют на основании экспериментальных данных следующим образом:

$$\delta = (n_{к.р.} - n_{к.х.}) / n_{к.х.}$$

где $n_{к.р.}$ и $n_{к.х.}$ – средняя частота вращения ведущих колес трактора соответственно на рабочем и холостом ходах при проходе зачетного в эксперименте пути.

Фактическую тяговую мощность N_T рассчитывают так:

$$N_T = P_T \cdot \vartheta,$$

где P_T – фактическая сила тяги.

Тяговая характеристика. В отличие от графика движущей силы тяговую характеристику трактора обычно строят аналогично характеристике двигателя в зависимости от тяговой нагрузки. Естественно, что такую характеристику следует строить для каждого типа и состояния почвы в отдельности.

В литературе обычно приводят типовые тяговые характеристики трактора (как и характеристики двигателя), построенные при детерминированной нагрузке или нагрузке, характерной для почвы данного типа и данной машины. При другом же характере нагрузки нужно вносить соответствующие поправки.

Скоростные режимы работы с/х агрегатов. оптимальные скорости движения с/х агрегатов

Скорость движения – это путь, проходимый агрегатом за единицу времени.

Теоретическая скорость – скорость движения агрегата на данной передаче по абсолютно твердой горизонтальной поверхности при недеформируемых ведущих колесах и номинальной частоте вращения кол. вала двигателя.

$$\vartheta_T = \omega_0 r_0 / I_{\text{трансм}} = 0,104 n_{\text{ном}} r_0 / i_{\text{ТР}}.$$

Рабочая скорость отличается от теоретической из-за наличия буксования и извилистого хода трактора, изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя, изменения радиуса качения колеса.

$$g_{\text{раб}} = 0,104n_{\text{к}}(1 - \delta)r_0/i_{\text{ТР}}$$

Степень использования теоретической скорости: $\varepsilon = g_{\text{раб}}/g_{\text{теор}}$.

Эксплуатационная скорость: скорость движения в течение всего времени наряда или смены.

$$g_{\text{э}} = (\sum S_{\text{раб}} + \sum S_{\text{хол}})/T_{\text{смены}}$$

Среднетехническая скорость – средняя скорость агрегата за время пути.

$$g_{\text{тех}} = (\sum S_{\text{раб}} + \sum S_{\text{хол}})/(\sum T_{\text{раб}} + \sum T_{\text{хол}}).$$

Влияние буксования: чем оно выше, тем меньше v . $\eta = (1 - \delta)$ – коэф. буксования.

$$\delta = (n_{\text{р}} - n_{\text{х}})/n_{\text{р}}$$

$n_{\text{р}}$ – число оборотов ведущих колес на раб. ходу.

$$\delta = C P_{\text{кп}}/C_{\text{сц}}$$

C – коэф. пропорциональности, $P_{\text{к}}$ – касательная сила тяги, n – показатель степени. $C_{\text{сц}}$ – сцепной вес трактора.

Коэф. использования эксплуатационного веса:

$$\varphi_{\text{кр}} = P_{\text{кр}}/G$$

G – эксплуат. вес трактора, $\delta = f(\varphi_{\text{кр}})$; $\delta = a * \varphi_{\text{кр}}/(b - \varphi_{\text{кр}})$; a и b – эксплуатационные коэф. Способы уменьшения δ : 1) работа на более высоких скоростях, так как меньше будет тяговое усилие; 2) меры по повышению сцепного веса трактора.

РАСЧЕТ СОСТАВА С/Х АГРЕГАТА. ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ С/Х АГРЕГАТА

Сельскохозяйственный агрегат – совокупность рабочих органов, источника энергии, трансмиссии и вспомогательных органов.

Рациональное комплектование – выбор в состав агрегата трактора чисто рабочих машин, их сцепки и скорости. Практическое соединение выбранных машин и сцепки с трактором, проведение настроечных работ.

Требования комплектации:

– высокое качество работы, соответствие агротехническим требованиям;

– высокая производительность при низких топливно-экономических, финансовых, материальных затратах на единицу урожая;

– малое отрицательное воздействие на окружающую среду.

Режимы работы зависят от:

- режима загрузки ДВС (достигается изменением числа машин скорости при работе)
- скоростного режима МЭС
- режима допустимого буксования
- полное эффективное использование мощности ДВС

Агрегатирование навесного оборудования происходит с помощью прицепного механизма. Полунавесные плуга имеют опорное колесо, а прицепные агрегатируются через прицепную скобу с серьгой.

Число машин в агрегате определяется:

- с учетом агротехнических требований (влажность почвы, угол склона, длина гона) – выбирается тип машины, гусеничный или колесный, назначение (общие, пропашные), по высокой производительности и низким затратам на единицу объема работ.

- по номинальному тяговому усилию для рациональной загрузки.

Первый этап расчета тяговых агрегатов – выбор трактора, обеспечивающего работу агрегата с наименьшими эксплуатационными затратами с учетом площади обрабатываемого поля и соответствующей длины гона. В качестве таких затрат, наиболее часто используют приведенные затраты в расчете на 1 га обработанной площади (руб/га).

Далее в функции мощности выражают и производительность МЭС, и приведенные затраты.

Например, для вспашки средних почв при гоне 300-400 м диапазон энергосберегающих мощностей составит 70...124. Первая цифра диапазона мощностей соответствует минимальным приведенным затратам, а вторая – затратам, увеличенным на 5% по сравнению с минимальными.

На втором этапе расчета агрегата устанавливают диапазон допустимых рабочих скоростей для выбранного типа рабочих машин. Далее определяют передачу трактора, на которой чистая производительность агрегата при рабочем ходе будет наибольшей:

$$П = В \cdot \vartheta = P_{кр} \cdot \vartheta / K_a = N_{кр} / K_a ,$$

где B – ширина захвата агрегата, м; $P_{кр}$ –тяговое усилие на крюке, кН; ϑ – рабочая скорость, м/с; K_a – удельное тяговое сопротивление агрегата, кН/м; $N_{кр}$ - тяговая мощность, кВт.

2.3. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ МАНЕВРОВЫХ СВОЙСТВ (КИНЕМАТИКИ) С/Х АГРЕГАТОВ. ТЕХНОЛОГИЯ ПОВОРОТОВ С/Х АГРЕГАТА.

Основные понятия и характеристики при определении маневровых свойств

Рабочий участок – поле, находящееся в одном массиве, для выполнения с/х работы с 1 или несколькими агрегатами.

Загон – часть рабочего участка для выполнения технологических операций с принятым способом движения.

Рабочий ход – путь, как правило, прямолинейный, который проходит МЭС с включенными агрегатами.

Поворот – криволинейная траектория, по которой движется МЭС от завершения 1 и до начала другого рабочего хода.

Холостой ход – путь, который проходит МЭС по полю при поворотах без включенных рабочих органов.

Способ движения – циклически повторяющиеся однотипные сочетания рабочих и холостых ходов в загоне.

Кинематика – раздел инженерной дисциплины, в котором изучается движение агрегата по полю и обосновывается вариант высокопроизводительные испытания МЭС при работе на данном участке поля. К кинематическим характеристикам относятся:

1. Кинематический центр агрегата (КЦА) – это условная точка, по траектории которой анализируют движение МЭС.

2. Кинематическая длина агрегата – это расстояние от КЦА до конца рабочих органов агрегата:

$$L_k = L_T + L_C + L_M$$

(длина трактора + длина сцепки + длина машины).

3. Длина выезда – это расстояние, на которое перемещается центр агрегата от контрольной линии по ходу МЭС перед началом и в конце поворота (зависит от кинематической длины и ширины захвата).

$$E = a_e \cdot L_k$$

Длина выезда агрегата $e = a_e \cdot B_p$.

4. Кинематическая ширина (d_k) – это расстояние от продольной оси симметрии агрегата до конца раб.органов.

5. Центр поворота – это мгновенная точка, относительно которой в данный момент совершается поворот агрегата.

6. Средний радиус поворота – зависит от ширины захвата и скорости поворота.

7. Ширина колеи – определяется междурядьем, а продольная база трактора соответственно равна конструктивной.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОВОРОТОВ С/Х АГРЕГАТОВ

Движение МТА в процессе работы чаще состоит из прямолинейных рабочих ходов и холостых поворотов с выключенными рабочими органами. Однако при круговом способе движения МТА может совершать повороты также и без выключения рабочих органов.

Повороты – наиболее сложный элемент кинематики агрегатов, поэтому при выборе вида поворота необходимо учитывать высокое качество выполняемой работы, возможно меньшую ширину поворотной полосы и длину холостого пути агрегата, меньшие потери времени и топлива на холостые повороты, обеспечение безопасных условий работы, меньшее отриц. воздействие на окружающую среду, особенно на почву.

Различают следующие повороты:

– по виду геометрической фигуры – петлевые и беспетлевые;

– по углу поворота – 90° и 180° .

под любым углом (в зависимости от конфигурации поля).

Важнейшие кинематические характеристики всех видов поворотов – длина, радиус поворота, ширина поворотной полосы.

Длина поворота равна длине траектории от точки начала поворота до его завершения, которая зависит от вида и радиуса поворота.

Минимальная ширина поворотной полосы зависит от радиуса и длины выезда агрегата, а так же от кинематической ширины агрегата.

Радиус поворота зависит от ширины захвата и скорости движения при повороте.

Пример поворотов: круговой; с прямолинейным участком; угловой; закрытая петля; грушевидный; односторонний; грибовидный с открытой или закрытой петлей.

Выбор зависит от:

1. Устанавливаются критерии оптимальности;

2. Определяется несколько способов движения;

3. Для каждого из них определяется рабочий ход S_r и ход S_x на единицу площади (га);

4. Рассматривают значение коэффициентов раб ходов φ , т.е. какая часть от общего пути составляет рабочий ход. $\varphi \rightarrow \max$, $S_x \rightarrow \min$.

ВИДЫ И СПОСОБЫ ДВИЖЕНИЯ С/Х АГРЕГАТОВ.

По кинематике применяемых агрегатов все с/х работы можно подразделить на следующие группы:

I группа – работы, выполняемые симметричными агрегатами при тоновом или диагональном движении: посев, культивация, междурядная обработка и др. Наиболее часто на этих работах пользуются челночным способом движения, а в случае агротехнической целесообразности – перекрестным.

II группа – работы, выполняемые асимметричными агрегатами при тоновом движении. Таковы в первую очередь все виды пахотных работ, а также уборка свеклоуборочным агрегатом, кукурузным початкоотрывателем и др. На этих работах наиболее часто применяют способы движения всвал, вразвал, с чередованием загонов всвал и вразвал.

III группа – работы, выполняемые агрегатами при круговом способе движения, главным образом по уборке зерновых и других культур. На рис. 2.1 показаны основные схемы движения.

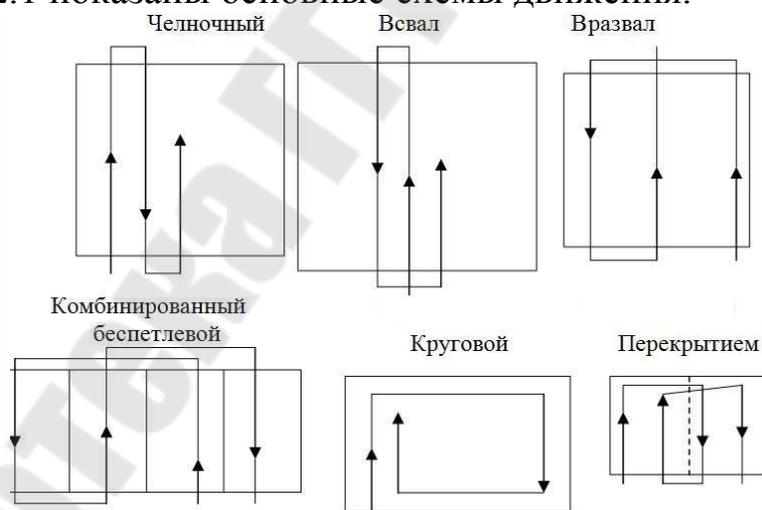


Рис. 2.1. Классификация видов поворотов

Челночный способ при культивации дисковании, бороновании, посеве, прикатывании, вспашке оборотными плугами. Способы всвал, вразвал, чередование – при вспашке отвальными плугами. Комбинированный беспетлевой эффективен при вспашке отвальными плугами. Желательно применять, когда нежелательны петлевые повороты из-за больших масс агрегата. Способ движения перекрытием на сплошной

культивации, на междурядной обработке, когда агрегат широкозахватный и нужны беспетлевые повороты. Ширина загона кратна ширине захвата агрегата. Круговой способ движения целесообразно применять для движения жатвенных агрегатов, косилок.

Способы движения сравнивают и анализируют по производительности, качеству выполнения работы, удобству обслуживания, безопасности работы и т. д.

Показатели качества выполнения работы и удобства обслуживания при различных способах движения зависят от технологического процесса (например, для пахотных работ количество образующихся свальных и развальных борозд, число разметочных линий).

Коэффициент рабочих ходов. Показателем, зависящим от способа движения и влияющим на производительность агрегата, является коэффициент рабочих ходов ϕ (степень использования пути). Его определяют следующим образом:

$$\phi = \frac{\sum L_p}{\sum L_p + \sum L_x} = \frac{L_p^{cp} n_p}{L_p^{cp} n_p + L_x^{cp} n_x},$$

где L_p^{cp} и L_x^{cp} - средние длины рабочего и холостого ходов; n_p и n_x - числа рабочих и холостых проходов на участке (загоне).

Для всех гоновых видов движения $L_p = L_{yч} - 2E$, а $n_x \approx n_p = C/B_p$ (для загона) или $n_x^{yч} \approx n_p^{yч} - C_{yч}/B_p$ (для участка).

Холостые ходы на загоне $\sum L_x$ складываются из основных (на поворотах) $\sum L_x^{пов}$ и дополнительных $\sum L_x^{доп}$, связанных с заделкой поворотных полос, проходами с неполной шириной захвата (когда с обеих сторон полосы обработаны) и др.

При беспетлевых гоновых способах движения $\sum L_x^{пов}$ определяют, исходя из длины холостого хода каждого поворота согласно формуле:

$$L_x^{пов} = 1,14\rho_y + X + 2e.$$

В случае если движение осуществляется на четырех делянках (беспетлевая вспашка) $X_{max} = 3/4 C - B_p$; $X_{min} = 1/4 C + B_p$. Принимая линейную закономерность изменения X , $L_x^{пов} = 1,14\rho_y + 0,5C + 2e$ и

$$L_{x\text{ ср}} = L_{x\text{ ср}}^{пов} + L_{x\text{ ср}}^{доп}.$$

Следовательно,

$$\phi^6 = \frac{L_p}{(L_p + 0,5C + 1,14\rho_y + 2e + \sum L_x^{доп} B_p/C)}.$$

При петлевых гоновых способах движения холостые ходы (основные и дополнительные) такие же, что и при беспетлевых способах. Только на каждом загоне на участках шириной до $2\rho_y$ делают петлевые повороты, средняя длина которых при открытой петле с учетом выезда агрегата $\sum L_{\text{хпет}}^{\text{пов}} = 6\rho_y/V_p$. Следовательно, общая длина петлевых поворотов на загоне

$$\sum L_{\text{хпет}}^{\text{пов}} = (6\rho_y + 2e) 2\rho_y/V_p.$$

Если бы на этих участках (средней шириной ρ_y) выполнялись беспетлевые повороты, их длина соответствовала бы

$$\sum L_{\text{хб}}^{\text{пов}} = (1,14\rho_y + 2e + \rho_y) 2\rho_y/V_p.$$

Таким образом, при петлевом загонном способе движения общая длина холостых ходов на поворотах на одном загоне по сравнению с беспетлевым способом больше на

$$\sum L_{\text{хпет}}^{\text{пов}} - \sum L_{\text{хб}}^{\text{пов}} = 3,86\rho_y 2\rho_y/V_p$$

или округлению на $8\rho_y^2/V_p$.

Отнеся эту величину к средней длине холостых ходов на всем загоне (т.е. поделив на число проходов $n = C/V_p$, получим

$$\varphi^{\text{пет}} = \frac{L_p}{(L_p + 0,5C + 1,14\rho_y + 2e + (8\rho_y^2)/C) + \sum (L_x^{\text{доп}} V_p)/C}$$

Для челночного способа движения $L_x^{\text{пов}} \approx 6\rho_y + 2e$ (при $X = V_p = \rho_y$) и, следовательно,

$$\varphi^{\text{чел}} = \frac{L_p}{L_p + 6\rho_y + 2e + L_x^{\text{доп}} V_p/C_{\text{уч}}}$$

$$S_x^{\text{уч}} = \sum (L_x C_{\text{уч}})/C$$

Для рассмотренного ранее петлевого способа движения

$$S_x^{\text{уч}} = (0,5C + 1,14\rho_y + 2e + (8\rho_y^2)/C) + \sum L_x^{\text{доп}} V_p/C C_{\text{уч}}/V_p$$

Аналогично можно рассчитать коэффициенты рабочих ходов и для любых других способов движения.

Суммарная длина холостых ходов на участке $S_x^{\text{уч}}$ представляет собой произведение суммарной длины холостых ходов на загоне на число загонов, т. е.

Для нахождения экстремального значения определим $\frac{dS_x^{\text{уч}}}{dC}$ и приравняем его нулю:

$$[0,5/B_p - (8\rho_y^2)/(B_p C^2) - \sum L_x^{\text{доп}}/C^2] C_{\text{уч}} = 0.$$

Следовательно,

$$C_{\text{опт}} = \sqrt{16\rho_y^2 + 2B_p \sum L_x^{\text{доп}}}.$$

Поскольку основная часть холостых ходов (проходы с неполной шириной захвата) пропорциональна (для каждого способа движения различно число этих проходов), с достаточной для практики точностью можно принять,

что $\sum L_x^{\text{доп}} = K_{\text{ср}}$, где $K_{\text{ср}}$ – коэффициент пропорциональности, зависящий от способа движения.

Минимальная ширина загона применима лишь к беспетлевым способам движения.

Выбор способа движения. При выборе способа движения, как уже указывалось, надо исходить в первую очередь из агротехнологических требований: качества работы, удобства обслуживания, возможности уменьшения вспомогательных операций и т. д. Если эти условия позволяют применять различные способы движения, следует выбирать тот, который дает более высокое значение.

2.4. СОСТАВ РЕМОНТНО-ОБСЛУЖИВАЮЩЕЙ БАЗЫ ХОЗЯЙСТВА

Состав ремонтно-обслуживающей базы колхоза, совхоза, межхозяйственного предприятия или любого хозяйства зависит от количества тракторов и автомобилей в хозяйстве, а также от удаленности земельных угодий и подразделений (отделений, бригад и т.п.) от центральной усадьбы хозяйства. При этом необходимо учитывать, что в хозяйствах с количеством тракторов до 60 единиц на центральной усадьбе находятся все подразделения хозяйства, т. е. вся техника хранится на центральном машинном дворе, а в хозяйствах с количеством тракторов от 60 до 90 единиц на центральной усадьбе находится хозяйственный центр только одного подразделения (отделения или бригады), а другие подразделения имеют свои ремонтно-обслуживающие базы (пункты технического обслуживания) за пределами центральной усадьбы. В хозяйствах с количеством тракторов 100 и более каждое подразделение (бригада, отделение и др.) имеет свои ремонтно-обслуживающие базы за пределами центральной усадьбы.

В настоящее время для колхозов, совхозов, межхозяйственных и других предприятий сельского хозяйства рекомендуется ремонтно-

обслуживающая база типов: А, Б, В. Все три типа имеют на территории базы четыре технологических сектора.

В секторе технического обслуживания и ремонта техники располагается центральная ремонтная мастерская (ЦРМ), площадки, а при необходимости и отдельные помещения для сельскохозяйственных машин, материально-технический склад и площадка или помещение для мойки машин.

В секторе длительного хранения машин, называемом машинным двором, располагаются площадки, навесы и закрытые помещения (гаражи) для хранения машин, сменных частей, оборудования и других целей. На машинном дворе хранят также новые и разбирают списанные машины и располагают машины, подлежащие ремонту в ЦРМ.

В секторе меж сменной стоянки машин, технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей располагаются открытые площадки и отапливаемые гаражи. Размеры и структура этого сектора зависят от того, где размещается база подразделений хозяйства. В этом секторе может размещаться техника подразделений хозяйства, специализированных отрядов и других механизированных подразделений.

В секторе хранения и выдачи нефтепродуктов располагаются нефтесклад и посты заправки машин.

Кроме четырех технологических секторов, на ремонтно-обслуживающей базе размещают служебно-бытовые здания.

Ремонтно-обслуживающая база типа А рекомендуется для крупных хозяйств и предприятий, имеющих от 75 до 200 тракторов, у которых все подразделения имеют свою базу вне центральной усадьбы.

Ремонтно-обслуживающая база типа Б рекомендуется для хозяйств и предприятий, имеющих от 50 до 100 тракторов, у которых одно из подразделений (бригада, отделение) базируется на центральной усадьбе.

Ремонтно-обслуживающая база типа В рекомендуется для хозяйств, имеющих от 25 до 75 физических единиц тракторов, у которых все подразделения базируются центральной усадьбы.

Как уже отмечалось, в состав ремонтно-обслуживающей базы всех типов входят: центральная ремонтная мастерская, автомобильный гараж с профилакторием, машинный двор и нефтесклад с постами заправки.

Центральная ремонтная мастерская предназначена для проведения технического обслуживания и текущего ремонта техники и оборудования хозяйства. Размеры мастерской и ее состав зависят от числа тракторов и объема ремонтно-обслуживающих работ.

Автомобильный гараж с профилаторием предназначен для проведения технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей. При разработке состава ремонтно-обслуживающей базы необходимо указать номер выбранного типового проекта автогаража.

Машинный двор предназначен для хранения машин, оборудования и снятых составных частей, выполнения технического обслуживания машин при их хранении, сборке, опробовании и обкатки новых машин, разборки и дефектации деталей списанных машин, а также для комплектования и регулировки машинно-тракторных агрегатов.

В состав машинных дворов входят:

- площадка с эстакадой для наружной очистки машин;
- эстакада для погрузочно-разгрузочных работ;
- площадка для разборки и дефектации списанной техники;
- гаражи, сараи, навесы, площадки (с твердым покрытием и профилированным) для хранения техники и оборудования;
- площадки для сборки и регулировки машин, а также для комплектования машинно-тракторных агрегатов;
- склад для хранения снятых с машин составных частей;
- площадка и оборудование для нанесения антикоррозионных покрытий;
- помещение для оформления и хранения документов.

Нефтесклад с постами заправки предназначен для приема, хранения и отпуска всех нефтепродуктов, необходимых для работы машинно-тракторного парка.

УЧАСТОК РЕМОНТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ЦРМ

Ремонт сельскохозяйственных машин, агрегатов и орудий выполняется в центральных ремонтных мастерских, ремонтных мастерских машинного двора, в мастерских и на площадках отделений и бригад в зависимости от объема, степени сложности работ и периода их выполнения. Все неисправности и поломки, возникающие в процессе эксплуатации машин в период их работы в поле, должны устраняться по возможности немедленно, поэтому ремонт производят, как правило, на месте их эксплуатации или в мастерских пункта технического обслуживания.

Сложные ремонты комбайнов выполняются на ремонтно-монтажном участке ЦРМ, причем в последних типовых проектах мастерских предусматриваются отдельные линии для ремонта комбайнов и для ремонта тракторов.

На ремонтно-монтажном участке осуществляются разборка и общая сборка самоходных комбайнов. Снятые с них двигатели ремонтируют на участке текущего ремонта двигателей, а отдельные узлы – на участке ремонта сельскохозяйственных машин.

Близкое расположение к этому участку кузницы позволяет быстро устранять такие дефекты, как коробление рам и брусьев, прогиб валов, ослабление заклепочных соединений и т.д. На участке проводятся работы, требующие для своего выполнения закрытого помещения: ремонт коробок передач, вариаторов, барабанов, подбарабаний, транспортеров, шнеков, мостов, элеваторов, наклонных камер, соломотрясов, режущих аппаратов и т. п.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ УЧАСТКА

На участке предусмотрены стенды для ремонта, испытания и обкатки узлов комбайнов. Молотильные комбайны проходят статическую и динамическую балансировку, коробки передач и задние мосты – обкатку, для чего используется соответствующее оборудование. Применяемые при ремонте комбайнов стенды приведены при описании ремонтно-монтажного участка. Переклепка планок транспортеров, вкладышей пальцев и сегментов ножей жаток комбайнов и косилок, а также многие другие работы выполняются с применением простых приспособлений, изготавливаемых, как правило, в мастерских своими силами.

Современные уборочные машины отличаются значительным захватом режущих аппаратов, имеют тяжелые ножи большой длины, ручная заточка которых затруднена. Станок для заточки ножей режущих аппаратов уборочных машин (рис. 2.2).

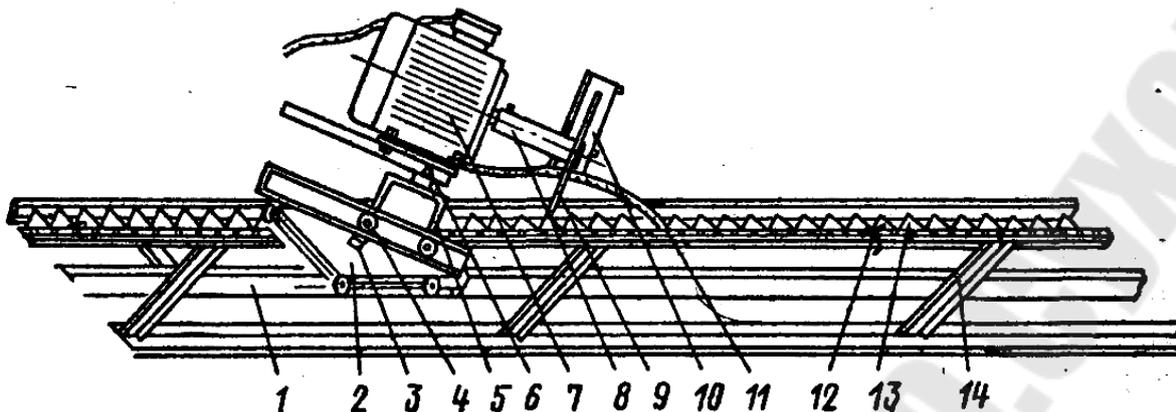


Рис. 2.2. Схема станка для заточки ножей режущих аппаратов косилок и жаток:

1 – рама; 2 – тележка; 3 – вертикальная ось; 4 – направляющие поперечного перемещения; 5 – шлифовальная бабка; 6 – ось качания; 7 – электродвигатель; 8 – шпиндель; 9 – шлифовальный круг; 10 – защитный кожух; 11 – рукоятки; 12 – зажим; 13 – затачиваемый нож; 14 – стойки

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ РЕМОНТА УБОРОЧНЫХ МАШИН

Подготовка зерноуборочного комбайна к ремонту заключается в том, что его доставляют своим ходом или буксировкой к месту ремонта, подвергают очистке и мойке на специальной площадке. Затем комбайн направляют на диагностирование, где производится его осмотр, прослушивание и контроль при помощи инструментов и приспособлений. Механик по сельскохозяйственным машинам заполняет диагностическую карту с учетом сведений, представляемых комбайнером. По окончании диагностирования составляется перечень узлов и деталей, подлежащих ремонту или замене.

РЕМОНТ РЕЖУЩИХ АППАРАТОВ КОСИЛОК И ЖАТОК

В косилках и жатках в режущем аппарате наиболее часто имеют место неисправности: износ ножей, искривление пальцев бруса (рис. 2.3), износ вкладышей пальцев, износ деталей привода. Происходят искривления каркаса корпуса жатки, прогиб трубы и поломка лопастей мотовила, износ звездочек, посадочных мест под подшипники, полотняных планчатых транспортеров. При затуплении гладких сегментов косилок до толщины лезвия более 0,05 мм их затачивают шлифовальным кругом до толщины лезвия 0,01–0,02 мм под углом 18–25°.

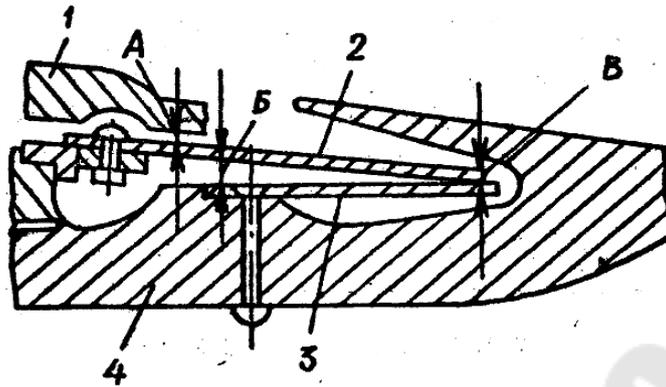


Рис. 2.3. Пальцевый брус режущего аппарата:
 1 – прижим; 2 – сегмент; 3 – вкладыш; 4 – палец; допустимые зазоры:
 А – до 0,2 мм; Б – до 1 мм; В – зазор не допускается

РЕМОНТ СЕЯЛОК

Сеялку в ремонт направляют полностью укомплектованной, если имеют место износ и поломка высевающих аппаратов. В остальных случаях ремонту подвергают только дефектные узлы.

Дисковые сошники ремонтируют, если зазор между дисками в месте их сближения превышает 5 мм (рис. 2.4). После разборки сошника срезают заклепки (с помощью фрезы, закрепленной на настольном сверлильном станке) и отделяют крышки и вкладыши от диска. Диски, имеющие изломы, трещины, а также с диаметром менее 300 мм или толщиной менее 1 мм в месте прилегания вкладыша, выбраковывают. После рихтовки затачивают на токарном станке, образуя круговую фаску шириной 6–8 мм под углом 20°. Толщина лезвия диска должна быть 0,1–0,5 мм.

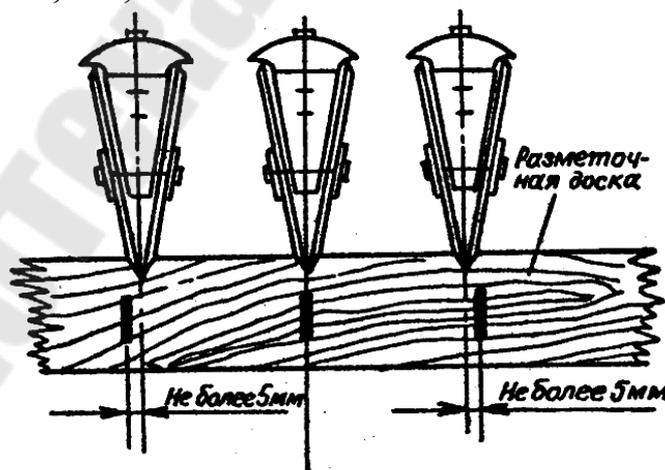


Рис. 2.4. Контроль расположения сошников сеялки

После ремонта вкладышей, чистиков и корпусов сошник собирают, устанавливая капроновую прокладку требуемой толщины. Зазор между каждым диском и корпусом сошника допускается не более 2 мм. Неисправные ленточные семяпроводы перенавивают на токарном станке, резиновые – заменяют или ремонтируют с применением вулканизации.

2.5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ МАШИН ДЛЯ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТО ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА КЗ–14



Рис. 2.5. Комбайн зерноуборочный КЗ–14

Комбайн (рис. 2.5) предназначен для прямой и раздельной уборки зерновых колосовых культур, а с применением специальных приспособлений для уборки зерновой части кукурузы, подсолнечника, зернобобовых, крупяных культур, семенников трав, семенников трав и на равнинных полях с уклоном до 8°.

Комбайн производит скашивание, обмолот, сепарацию, очистку зерна, накопление зерна в бункере с последующей выгрузкой в транспортное средство, а также обеспечивает уборку незерновой части урожая по следующим технологическим схемам (рис. 2.6):

- укладка соломы в валок;
- измельчение и разбрасывание соломы по полю.

Комбайн в основной комплектации состоит из:

- молотилки самоходной;

- жатвенной части, включающей жатку для зерновых культур шириной захвата 7,5 м с транспортной тележкой,
- наклонную камеру.
-

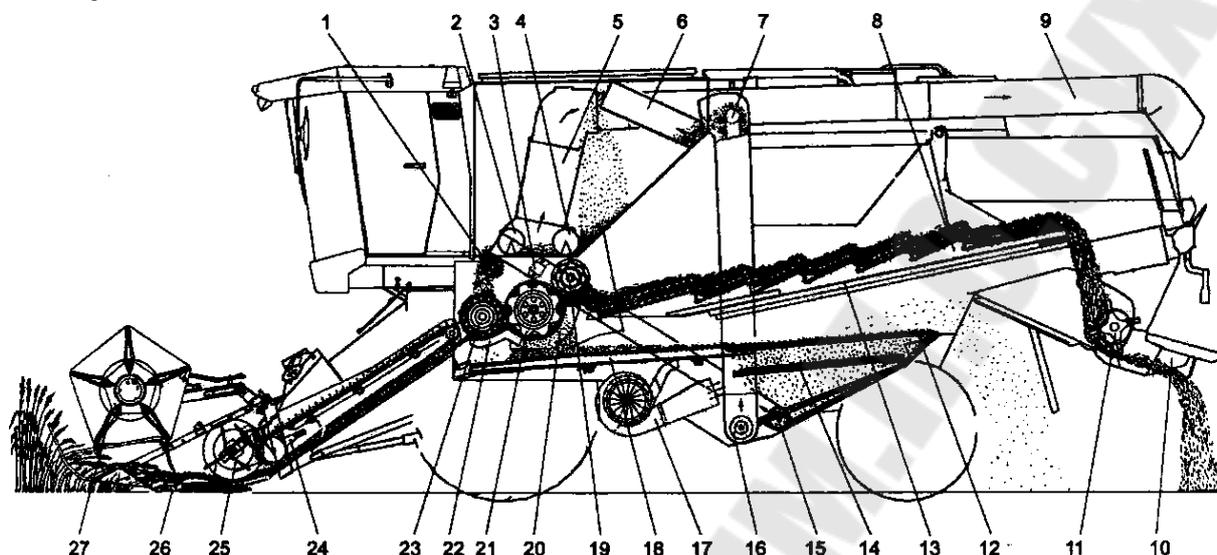


Рис. 2.6. Схема технологического процесса работы комбайна

1 – шнек распределительный; 2, 4 – шнеки горизонтальные выгрузные; 3 – элеватор колосовой; 5 – шнек наклонный выгрузной; 6 – шнек загрузной зерновой; 7 – элеватор зерновой; 8 – соломотряс; 9 – шнек поворотный выгрузной; 10 – дефлектор; 11 – соломоизмельчитель; 12 – верхний решетный стан; 13 – доска скатная; 14 – нижний решетный стан; 15 – шнек колосовой; 16 – шнек зерновой; 17 – вентилятор; 18 – доска стрясная; 19 – битер отбойный; 20 – подбарабанье; 21 – барабан молотильный; 22 – переднее подбарабанье; 23 – барабан– ускоритель; 24 – транспортер наклонной камеры; 25 – шнек; 26 – режущий аппарат; 27 – мотовило

Барабан–ускоритель (рис. 2.7) повышает скорость подачи хлебной массы на обмолот и распределяет массу тонким равномерным слоем, одновременно производя сепарацию зерна на первичном подбарабанье. Это делает более эффективной работу основного барабана. В сочетании с большой площадью двойного подбарабанья, такая система обеспечивает максимально высокую производительность при бережном обмолоте.



Рис. 2.7. Барабан–ускоритель

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ

Техническое обслуживание и ремонт двигателя и климатической установки производите в соответствии с их инструкцией по эксплуатации. Работы производятся только обученными специалистами по сервисному обслуживанию.

Виды и периодичность технического обслуживания

Все операции технического обслуживания: ЕТО (ежесменное), ТО–1, ТО–2, ТО–3 и текущего ремонта должны проводиться регулярно через определенные промежутки времени в зависимости от количества часов, проработанных комбайном в соответствии с таблицей 2.1 и с соблюдением требований общепринятой системы технического обслуживания и ремонта зерноуборочных комбайнов.

В зависимости от условий работы допускается отклонение от установленной периодичности для ТО–1, ТО–2, ТО–3 в пределах 10%. Отметки о проведении работ по техническому обслуживанию и ремонту должны заноситься в сервисную книжку.

Во всех случаях нарушения крепления или регулировки механизмов, появления шума, стуков, устраняйте недостатки в соответствии с разделом 10, не дожидаясь очередного ТО.

Таблица 2.1 – Виды и периодичность технического обслуживания в моточасах

Виды технического обслуживания	Периодичность
Техническое обслуживание при эксплуатационной обкатке	Перед началом эксплуатации нового комбайна
Ежесменное техническое обслуживание (ЕТО)	10
Первое техническое обслуживание (ТО–1)	60
Второе техническое обслуживание (ТО–2)	240
Третье техническое обслуживание (ТО–3)	960

Сезонное техническое обслуживание при переходе к весенне–летнему периоду эксплуатации (ТО–ВЛ)	При установившейся температуре воздуха выше 5 ⁰ С
Сезонное техническое обслуживание при переходе к осенне–зимнему периоду эксплуатации (ТО–ОЗ)	При установившейся температуре воздуха ниже 5 ⁰ С

Перечень работ по видам технического обслуживания (табл.. 2.1):

1. Техническое обслуживание комбайна при эксплуатационной обкатке

1.1. Техническое обслуживание комбайна при подготовке к эксплуатационной обкатке:

1) осмотрите и очистите от пыли, грязи и консервационной смазки составные части комбайна;

2) подготовьте к работе аккумуляторные батареи, при необходимости очистите клеммы от окислов и смажьте техническим вазелином, очистите вентиляционные отверстия, проверьте степень разряженности;

3) проверьте уровень масла и при необходимости долейте в картер двигателя, в масляный бак гидросистемы, в коробку диапазонов, в бортовые редуктора ведущего моста;

4) смажьте подшипники поворотных кулаков моста управляемых колес, подшипники приводов молотилки;

5) проверьте и при необходимости подтяните крепление крышек резиновых втулок (сайлент–блоков) привода очистки, наружные резьбовые соединения;

6) проверьте и при необходимости подтяните гайки закрепительных разрезных втулок подшипников крепления клавиш соломотряса на двух коленчатых валах;

7) проверьте и при необходимости отрегулируйте натяжение ременных передач приводов молотилки;

8) проверьте и при необходимости долейте в радиатор охлаждающую жидкость;

9) заправьте топливом молотилку;

10) проверьте работоспособность механизмов управления;

11) проверьте и при необходимости установите соответствующее давление воздуха в шинах колес молотилки и транспортной тележке жатки;

12) смажьте составные части молотилки и жатки согласно схем смазки;

13) выполните работы, предусмотренные ИЭ на двигатель и климатическую установку;

14) запустите двигатель и проверьте работоспособность и взаимодействие всех узлов, приборов и механизмов комбайна.

1.2. Техническое обслуживание комбайна при проведении эксплуатационной обкатки (в течение 30 часов).

При проведении эксплуатационной обкатки выполните ежедневное техническое обслуживание (пункт 2.2.2).

1.. Техническое обслуживание по окончании эксплуатационной обкатки:

1) осмотрите и очистите комбайн;
2) проверьте и при необходимости отрегулируйте натяжение цепных и ременных передач, давление воздуха в шинах, механизмы управления и тормоза;

3) проверьте и при необходимости подтяните крепление крышек резиновых втулок (сайлент – блоков) привода очистки, наружные крепления составных частей комбайна;

4) обдуйте сжатым воздухом фильтр – патроны воздухоочистителя;

5) проверьте аккумуляторную батарею и при необходимости очистите наружную поверхность аккумулятора, клеммы и наконечники проводов, прочистите вентиляционные отверстия в пробках, долейте дистиллированную воду, смажьте техническим вазелином клеммы и наконечники проводов;

6) смажьте составные части молотилки и жатки согласно схемам смазки;

7) проверьте отсутствие течи масла;

8) выполните работы, предусмотренные ИЭ на двигатель и климатическую установку.

Обнаруженные неисправности устраните.

2. Ежедневное техническое обслуживание (ЕТО).

При ЕТО проведите следующие операции:

1) очистите от пыли и грязи составные части комбайна;
2) проверьте и при необходимости устраните подтекания масла, топлива, электролита, тормозной жидкости;

3) проверьте и при необходимости долейте масло, в картер двигателя, в коробку диапазонов, в бортовые редуктора ведущего моста, охлаждающую жидкость в радиатор;

4) очистите радиатор, вращающийся воздухозаборник, жатку, очистку молотилки от пожнивных остатков;

5) проверьте работу двигателя, рулевого управления, системы освещения и тормозов;

6) смажьте составные части молотилки и жатки согласно схем смазки;

7) проверьте и при необходимости отрегулируйте натяжение цепных и ременных передач;

8) выполните работы, предусмотренные ИЭ на двигатель и климатическую установку;

9) запустите двигатель и проверьте работоспособность и взаимодействие всех узлов, приборов и механизмов комбайна;

10) проверьте затяжку болтов крепления водила, винтов крепления шкива, клемм зажима головки ножа угловой передачи и, при необходимости, затяните моментом (140₋₅) Н.м, (32–35) Н.м и (44–55) Н.м соответственно.

2.1. Первое техническое обслуживание (ТО–1)

При ТО–1 проведите следующие операции:

1) осмотрите и очистите от пыли, грязи и пожнивных остатков составные части комбайна;

2) проверьте и при необходимости устраните подтекания масла, топлива, электролита, охлаждающей и тормозной жидкости;

3) проверьте и при необходимости долейте масло в коробку диапазонов, в бортовые редуктора ведущего моста, охлаждающую жидкость в радиатор;

4) очистите радиатор, вращающийся воздухозаборник, жатку, очистку молотилки от пожнивных остатков;

5) проверьте работоспособность двигателя, рулевого управления, системы освещения и сигнализации, стеклоочистителя и тормозов;

6) проверьте и при необходимости подтяните крепления составных частей комбайна;

7) проверьте и при необходимости подтяните гайки закрепительных разрезных втулок подшипников крепления клавиш соломотряса на двух коленчатых валах;

8) проверьте и при необходимости отрегулируйте натяжение цепных и ременных передач;

9) проверьте и при необходимости установите нормальное давление в шинах колес молотилки и транспортной тележки жатки;

10) обдуйте сжатым воздухом блок радиаторов, при обдувке сот радиаторов подачу сжатого воздуха производите только со стороны вентилятора и открытом вращающемся воздухозаборнике;

11) смажьте составные части молотилки и жатки согласно схем смазки;

12) проверьте аккумуляторную батарею и при необходимости очистите наружную поверхность аккумулятора, клеммы и наконечники проводов, прочистите вентиляционные отверстия в пробках, долейте дистиллированную воду, смажьте техническим вазелином клеммы и наконечники проводов:

13) слейте отстой из фильтров тонкой очистки топлива;

14) слейте конденсированную воду из сливного рукава маслобака до появления масла;

15) очистите сетку вращающегося воздухозаборника;

16) обдуйте сжатым воздухом или промойте фильтр – патроны воздухоочистителя;

17) выполните работы, предусмотренные ИЭ на двигатель и климатическую установку;

18) запустите двигатель и проверьте работоспособность и взаимодействие всех узлов, приборов и механизмов комбайна;

2.2. Второе техническое обслуживание (ТО–2).

При ТО–2 проведите операции ТО–1 и дополнительно:

1) проверьте плотность электролита и при необходимости подзарядите аккумуляторную батарею;

2) смажьте комбайн в соответствии со схемами смазки;

3) проверьте и при необходимости отрегулируйте механизм переключения передач, усилия на рукоятках рычагов подачи топлива и управления скоростью движения, тормоза, механизм управления стояночным тормозом;

4) очистите центробежный маслоочиститель;

5) проверьте и при необходимости подтяните наружные резьбовые соединения, а также контакты электрооборудования.

2.3. Третье техническое обслуживание (ТО–3).

При ТО–3 проведите операции ТО–2 и дополнительно:

1) проверьте и при необходимости отрегулируйте подшипники колес ведущего моста, сходимость колес управляемого моста, затяжку троса стояночного тормоза;

2) проверьте изоляцию электропроводки и восстановите ее при обнаружении повреждений;

3) проверьте на герметичность систему питания топливом;

4) осмотрите шины и при необходимости устраните повреждения;

5) проверьте при движении комбайна работоспособность всех его механизмов, обратив особое внимание на нормальные действия рычагов управления и показания контрольных приборов, соответствие их эталону;

6) промойте систему охлаждения двигателя;

7) замените фильтрующие элементы фильтра тонкой очистки топлива;

8) замените предохранительные фильтр – патроны воздухоочистителя.

Комплекс предназначен для скашивания кукурузы в любой фазе спелости зерна, сорго, подсолнечника и других высокостебельных культур, скашивания трав и подбора из валков подвяленных сеяных и естественных трав с одновременным измельчением и погрузкой в транспортные средства.

Комплекс (рис. 2.8) состоит из:

– измельчителясамоходного (рис. 2.9);

– жатки для грубостебельных культур (имеет самостоятельноеРЭ);

– подборщика.

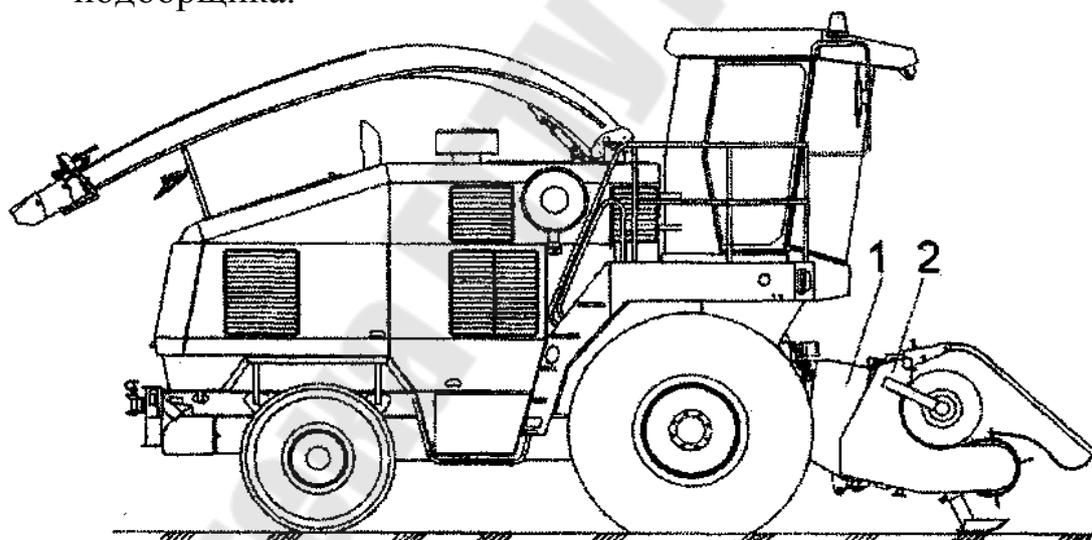


Рис.2.8. Комплекс кормоуборочный высокопроизводительный КВК-800

1 – измельчитель самоходный; 2 – подборщик.

ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕГУЛИРОВКИ

В питающе-измельчающем аппарате при работе комплекса с устройством доизмельчающим устанавливается крупная (10... 13 мм) длина резки, а в ускорителе выброса должен быть поддон с гладким листом (основная комплектация).

Для разрушения зерен кукурузы в фазе молочно-восковой, восковой или полной спелости зерна в ускорителе выброса может использоваться поддон бичевой, который входит в состав сменных частей комплекса. При этом устройство доизмельчающее переводится в транспортное положение, а на его место устанавливается проставка.

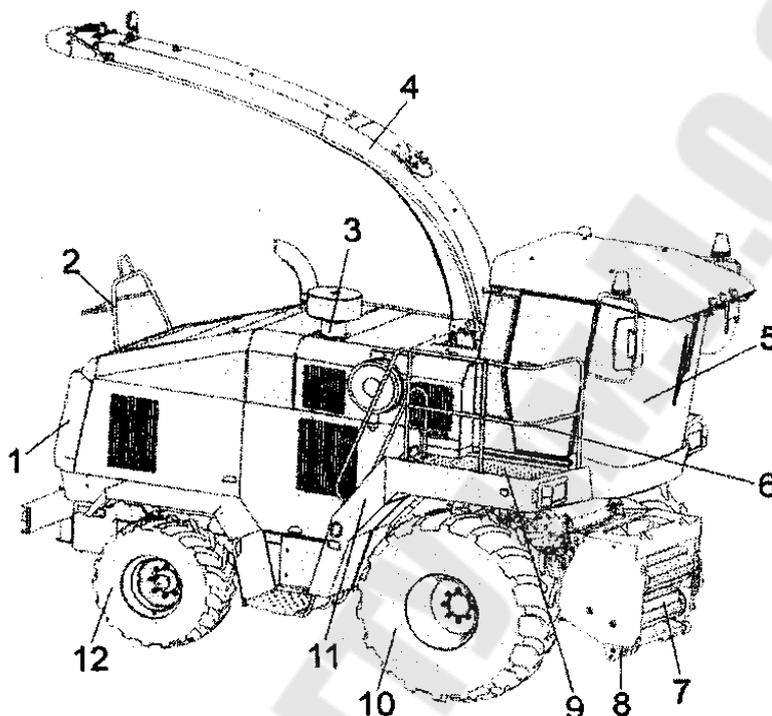


Рис. 2.9. Измельчитель самоходный

1 – капоты; 2 – стойка; 3 – установка двигателя; 4 – силосопровод; 5 – кабина; 6 – поручень; 7 – аппарат питающее–измельчающий; 8 – механизм вывешивания; 9 – площадка входа; 10– мост ведущий; 11 –трап; 12 –мост управляемых колес.

Поддон бичевой устанавливается на ускоритель выброса вместо поддона с гладким листом.

Длина резки при работе с поддоном бичевым устанавливается минимальная или средняя.

Перед началом эксплуатации комплекса необходимо:

- 1) проверить комплектность и готовность к работе самоходного измельчителя и адаптера, с которым предполагается работать;
- 2) проверить на измельчителе установку силосопровода и приборов электрооборудования;
- 3) проверить давление в шинах колес самоходногоизмельчителя;
- 4) проверить и, при необходимости, подтянуть все наружные крепления самоходного измельчителя и адаптера;

5) смазать комплекс в соответствии с таблицами и схемами смазки;

6) проверить и, при необходимости, произвести заточку и регулировку зазора ножей измельчающего аппарата.

Техническое обслуживание

Все операции технического обслуживания: ЕТО (ежесменное), ТО–1, ТО–2, ТО–3 должны проводиться регулярно через определенные промежутки времени в зависимости от количества часов, проработанных комплексом в соответствии с табл. 2.2.

Техническое обслуживание ЖГР–4,5–1Е необходимо проводить в соответствии с ее РЭ.

В зависимости от условий работы допускается отклонение от установленной периодичности для ТО–1, ТО–2, ТО–3 в пределах 10%. Отметки о проведении работ по техническому обслуживанию должны заноситься в сервисную книжку.

Во всех случаях нарушения крепления или регулировки механизмов, появления шума, стуков, устраняйте недостатки не дожидаясь очередного ТО.

Таблица 2.2– Виды и периодичность технического обслуживания

Виды технического обслуживания	Периодичность
Техническое обслуживание при эксплуатационной обкатке	Перед началом эксплуатации нового комплекса
Ежесменное техническое обслуживание (ЕТО)	10ч
Первое техническое обслуживание (ТО–1)	60 ч
Второе техническое обслуживание (ТО–2)	240ч
Третье техническое обслуживание (ТО–3)	960ч
Сезонное техническое обслуживание при переходе к весенне–летнему периоду эксплуатации (ТО–ВЛ)	При установившейся температуре воздуха выше 5° С
Сезонное техническое обслуживание при переходе к осенне–зимнему периоду эксплуатации (ТО–ОЗ)	При установившейся температуре воздуха ниже 5° С
Техническое обслуживание при хранении	Перед постановкой на хранение

РАЗДЕЛ 3. РЕМОНТ УБОРОЧНЫХ МАШИН

3.1. Современные методы ремонта и восстановления машин

Выбор рациональных способов восстановления деталей машин

В с/х ремонтном производстве существует большое число способов и средств восстановления изношенных деталей. Одни и те же дефекты могут устраняться несколькими методами: гильзы цилиндров – шестью, опорные катки гусеничных тракторов – 12, коленчатые валы – 18, уплотнительные узлы тракторов и с/х – более чем 20.

На выбор рационального способа влияют материал детали, ее износ, характер нагружения, стоимость восстановления и т.д.

Применительно к с/х машинам учет вклада каждого восстанавливаемого элемента в надежность изделия в целом нужно дополнить требованием обеспечения их безотказной работы в напряженные периоды полевых работ.

Проведенный анализ существующих методик выбора рационального способа восстановления, предложенных различными авторами, позволил свести решение этой задачи к выбору рационального способа восстановления деталей: применительно к конкретному ремонтному предприятию и для соответствующего региона.

В первом случае выбираемая технология привязывается к организационно-технологическим условиям данного ремонтного предприятия и включает шесть этапов:

I – анализ условий работы восстанавливаемой детали в составе сборочной единицы (агрегата) с указанием характерных неисправностей;

II – составление информационной карты восстанавливаемой детали, включающей: ремонтный чертеж; материал, из которого она изготовлена; программу восстановления;

III – получение статистической информации по износам (неисправностям) детали;

IV – математическая обработка статистической информации с выявлением числа деталей, подлежащих восстановлению, выбраковке и годных без ремонта;

V – выбор возможных способов восстановления по технологическому критерию с учетом их доступности для данного ремонтного предприятия;

VI – выбор рационального способа восстановления в зависимости от технико-экономического критерия и требования без отказной работы изделия в напряженный период сельскохозяйственных работ.

Во втором случае учитываются особенности региона (района, области, республики) и на первое место выдвигаются организационные вопросы. Число этапов увеличивается до семи:

I – характеристика региона с указанием обеспеченности ремонтным фондом по конкретной номенклатуре восстанавливаемых деталей, существующей сети ремонтных предприятий и их технологических возможностей, расстояний до технических обменных пунктов (ТОП) и др.;

II – анализ условий работы принятой к восстановлению в данном регионе номенклатуры деталей с указанием характерных неисправностей;

III – составление информационных карт восстанавливаемых деталей, включающих ремонтные чертежи и анализ конструктивно-технологической общности деталей с точки зрения их включения в единый маршрут восстановления;

IV – получение статистической информации по износам (неисправностям) соответствующих деталей;

V – математическая обработка статистической информации с выявлением числа деталей, подлежащих восстановлению, выбраковке и годных без ремонта по каждому наименованию;

VI – выбор возможных способов восстановления соответствующих деталей по технологическому критерию с учетом оснащенности ремонтных предприятий данного региона;

VII – выбор рационального способа восстановления конкретных деталей, исходя из технико-экономического критерия и требования безотказной работы изделия в напряженный период сельскохозяйственных работ, с распределением соответствующих деталей по предприятиям региона (или страны в целом).

Метод пластического деформирования при восстановлении деталей уборочных машин

Восстановление деталей способом пластического деформирования основано на свойстве металла детали изменять ее форму и размеры без разрушения в результате пластической деформации, развивающейся вследствие приложения внешней нагрузки. Объем металла детали остается постоянным, но металл перемещается с ее нерабочих участков на участки, подверженные изнашиванию. Деталь деформи-

руют до получения на изношенных участках номинальных размеров с учетом припусков на механическую обработку.

Способность металлов к пластической деформации зависит от их пластических свойств, которые, в свою очередь, зависят от химического состава, структуры, температуры нагрева и скорости деформации. Чистые металлы имеют наибольшую пластичность, которая снижается с введением в их состав легирующих элементов.

Деформация сталей при комнатной температуре приводит к их упрочнению (наклепу): зерна металла вытягиваются в направлении деформации, и кристаллографические решетки искажаются, Твердость и прочность увеличиваются, а относительное удлинение и ударная вязкость уменьшаются. С увеличением деформации упрочнение растет. Дальнейшая деформация затрудняется, и в момент, когда она становится совсем невозможной, наступает разрушение металла,

При нагреве повышается пластичность металла, снижается сопротивление деформированию, процесс которого не сопровождается его разрушением.

При ремонтном производстве используют следующие разновидности деформирования: правку, осадку, раздачу, обжатие, вытяжку, накатку, электромеханическую обработку, поверхностное пластическое деформирование и др.

Правку применяют при потере деталями своей первоначальной формы вследствие деформаций изгиба, скручивания и коробления. Правят коленчатые и распределительные валы, шатуны, балки мостов, детали рам и др. Правку деталей выполняют статическим нагружением и наклепом.

При правке статическим нагружением (в холодном или нагретом состоянии) с помощью прессы или различных приспособлений к детали прикладывают нагрузку или крутящий момент, совпадающий по направлению с направлением требуемой деформации.

При холодной правке в деталях возникают внутренние напряжения, которые при работе восстановленных постепенно снижаются, что приводит к их деформациям и изменению геометрической формы. Холодная правка также способствует снижению усталостной прочности на 15...20 %.

Сущность правки наклепом состоит в том, что при ударах пневматическим молотком с закругленным бойком или ручным молотком со сферическим бойком по поверхности детали создаются напряжения сжатия, которые ее выпрямляют. Размер участков для наклепа и

глубину наклепанного слоя определяют опытным путем в зависимости от степени изгиба, формы и размеров детали.

После нанесения ударов сферическим бойком по вогнутой стороне бруска и внутренней стороне щек бруска (рис. 3.1, а) и коленчатый вал (рис. 3.1, б) выправляются и принимают форму, показанную на рисунке пунктирными линиями. Направление ударов изображено стрелками.

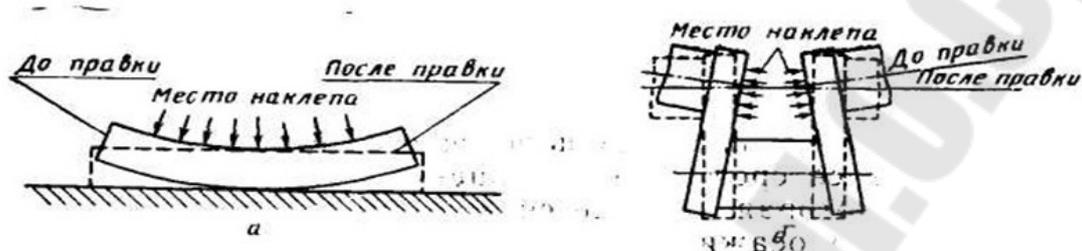


Рис. 3.1. Схема правки наклепом
а – бруска; б – коленчатого вала

Правку с предварительным нагревом проводят при больших деформациях. Деформированные участки нагревают до температуры 800...900°С. По сравнению с холодной правкой снижается усилие деформирования, и металл деформируется по сечению более равномерно. Однако меняются его структура и механические свойства.

Осадка применяется для уменьшения внутреннего и увеличения наружного диаметра полых и сплошных деталей. Площадь поперечного сечения детали увеличивается, а высота (длина) уменьшается.

Осадку выполняют нанесением сильных ударов кувалдой или верхним бойком пневматического ковочного молота по детали, установленной на наковальне или нижнем бойке молота перпендикулярно к их рабочим поверхностям.

Вытяжку и *растяжку* используют для увеличения длины деталей (тяг, штанг, шатунов, рычагов и др.) за счет уменьшения ее поперечного сечения. При вытяжке направление деформирующей силы P (рис. 3.2, б) не совпадает с направлением деформации, а при растяжке – совпадает.

Раздачу применяют для увеличения наружных размеров полых деталей за счет увеличения их внутренних размеров. Она характеризуется совпадением направления деформирующей силы (рис. 3.2, в) с направлением деформации. После нее наружный диаметр детали должен быть равен номинальному диаметру с учетом припуска на механическую обработку.

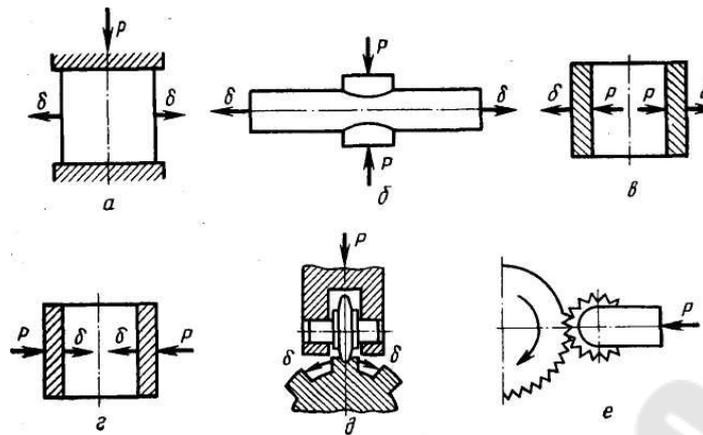


Рис. 3.2. Схемы восстановления деталей пластическим деформированием
 а – осадка; б – вытяжка; в – раздача; г – обжатие; д – вдавливание; е – накатка.

Обжатие применяют для уменьшения внутренних размеров полых деталей за счет уменьшения наружных. Направление действующей силы P (рис. 3.2, г) совпадает с направлением требуемой деформации δ .

Вдавливание объединяет в себе одновременно осадку и раздачу, так как деформирующая сила P (рис. 3.2, д) направлена под углом к направлению деформации δ . Длина детали не изменяется.

Нкатка применяется для увеличения наружного или уменьшения внутреннего диаметра деталей вытеснением металла отдельных участков рабочих поверхностей. Направление деформирующей силы P (рис. 3.2, е) противоположно требуемой деформации δ .

Этим способом можно восстанавливать посадочные места (подшипников на валах и в корпусных деталях) при небольших на них нагрузках, а также вкладыши перед нанесением антифрикционного слоя или пластмассы.

Электромеханическая обработка – разновидность восстановления деталей пластическим деформированием. Деталь устанавливают в центры токарновинторезного станка, а на суппорте закрепляют твердосплавную пластину 3 (рис. 3.3). Между деталью 1 и пластиной 3 пропускают ток силой 300...500 А и напряжением 1...2 В. В месте их контакта выделяется теплота.

При вращении детали и продольной подаче суппорта твердосплавная пластина 3 деформирует нагретый до температуры 800...850 °С металл, в результате чего на поверхности детали образуются винтовая канавка и выпученность. Диаметр детали увеличивается с D_0 до D_1 . После же прохода сглаживающей пластины 2 он уменьшается до D_2 , который больше D_0 .

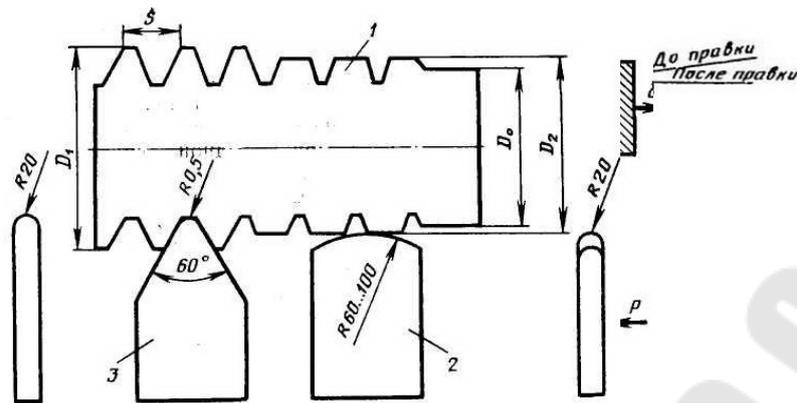


Рис. 3.3. Схема электромеханического способа восстановления деталей
1 – деталь; 2 и 3 – сглаживающая и высаживающая пластины

Электромеханическим способом восстанавливают посадочные места подшипников на валах с износом до 0,15 мм. При большем износе винтовые канавки на поверхности детали заполняют эпоксидной композицией, что компенсирует уменьшающуюся площадь контакта посадочного места с кольцом подшипника.

К наиболее распространенным способам упрочнения деталей относятся: обкатка рабочих поверхностей деталей шариками и роликами, алмазное выглаживание, дробеструйная обработка и чеканка.

Упрочнение деталей поверхностным пластическим деформированием необходимо при их восстановлении, так как часто снижаются усталостная прочность и износостойкость.

Сущность способа состоит в том, что под давлением деформирующего элемента микронеровности поверхности детали пластически деформируются (сминаются), заполняя впадины микропрофиля обрабатываемой поверхности. Исходная высота микронеровностей $R_{исх}$ (рис. 3.4) уменьшается, металл выступов перемещается в обоих направлениях от места контакта с деформирующим элементом, образуется поверхность с новым микропрофилем и высотой неровностей R . Исходный диаметр детали уменьшается.

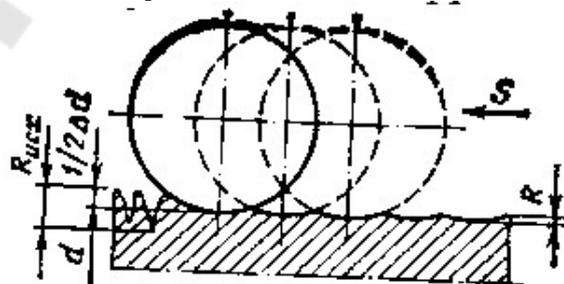


Рис. 3.4. Схема деформации поверхности шариком
 $R_{исх}$ и R – шероховатость детали до и после обкатывания; d – диаметр детали;
 S – подача.

При поверхностном пластическом деформировании повышается твердость поверхностного слоя и в нем создаются благоприятные сжимающие напряжения. Усталостная прочность деталей увеличивается на 30...70 %, а износостойкость – в 1,5...2 раза, возможно получение поверхности с низкой шероховатостью ($R_a = 0,04$ мкм).

К наиболее распространенным способам упрочнения деталей относятся: обкатка рабочих поверхностей деталей шариками и роликами, алмазное выглаживание, ультразвуковое упрочнение, дробеструйная обработка и чеканка.

Обкатку (раскатку) шариками и роликами выполняют с помощью специальных приспособлений (накаток или раскаток) на токарно-винторезных или других металлорежущих станках. Особенность процесса обкатки шариками заключается в их самоустанавливаемости относительно обрабатываемой поверхности, что обеспечивает лучшие условия пластического деформирования металла, позволяет работать с меньшим давлением и получать более низкую шероховатость поверхности. Недостаток шариковых накаток и раскаток по сравнению с роликовыми – низкая производительность.

Алмазное выглаживание заключается в поверхностном пластическом деформировании детали инструментом, рабочим элементом которого служат алмаз или сверхтвердые материалы из нитрида бора (гексанит Р, кубонит и др.). Основные параметры процесса: форма и радиус сферической поверхности алмаза, усилие прижатия к детали, подача, число проходов и скорость.

Дробеструйный наклеп заключается в пластическом деформировании поверхности детали потоком дроби, летящей со скоростью 30...90 м/с. На поверхности создается наклепанный слой глубиной 0,5...0,7 мм.

Чеканку выполняют наклепом поверхностей деталей (галтелей коленчатых валов, зубчатых колес и сварных швов) ударами специальных бойков. В поверхностном слое создаются высокие напряжения сжатия. Твердость возрастает на 30...50 %.

Ручная сварка и наплавка как метод восстановления деталей уборочных машин

Сваркой называют технологический процесс получения неразъемных соединений твердых металлов посредством установления межатомных связей между свариваемыми деталями при их местном на-

греве или пластическом деформировании, или совместном действии того и другого.

Наплавка есть разновидность сварки и представляет собой процесс нанесения слоя металла на поверхность изделия.

Сварка и наплавка металлов классифицируются по следующим признакам: физическим; техническим; технологическим.

К физическим признакам относят: форму вводимой энергии; наличие давления; вид инструмента как носителя энергии.

В зависимости от вводимой энергии сварочные процессы разделены на три класса: термический; термомеханический; механический.

К термическому классу относятся такие виды сварки, которые выполняются плавлением с использованием тепловой энергии (дуговая, газовая, высокочастотная, термитная, электрошлаковая, плазменная, электронно-лучевая и лазерная);

к термомеханическому – с применением тепловой энергии и давления (контактная, диффузионная, газопрессовая и взрывом);

к механическому – с использованием механической энергии и давления (трением, ультразвуковая и холодная).

К техническим признакам относятся способ защиты зоны сварки, непрерывность процесса и степень механизации. По способу защиты металла сварка бывает: на воздухе; в вакууме, в защитных газах; под флюсом; в пене; в комбинированной защите.

В качестве защитных газов могут использоваться активные газы (углекислый газ, азот, водород, водяной пар и их смеси), инертные газы (аргон, гелий, их смеси) и смеси активных и инертных газов.

По непрерывности процесса различают непрерывные и прерывистые виды сварки и по степени механизации – ручные, механизированные и автоматические.

По технологическим признакам сварка может быть: дуговая, газовая, термитная, электрошлаковая, плазменная, электронно-лучевая, лазерная, контактная, диффузионная, газопрессовая, ультразвуковая, взрывом, трением и холодная.

Электродуговая сварка и наплавка. Электродуговая сварка относится к сварке плавлением с помощью электрической дуги. Если два электрода подключить к источнику тока и в дальнейшем их разъединить, то между ними в газообразной среде возникнет дуговой разряд. Электрическая дуга горит между угольным электродом и свариваемой деталью. Присадочный материал для заполнения сварочного шва вводится в ванну извне в виде отдельного прутка.

Сварка угольным электродом имеет небольшое распространение и используется главным образом при сварке тонколистовых материалов (облицовка комбайнов), наплавке твердыми сплавами почво-режущих деталей плугов, культиваторов и др.

Классификация способов дуговой сварки:

1. По степени механизации: ручная; механизированная; автоматизированная; автоматическая.
2. По роду тока: постоянный; переменный; пульсирующий.
3. По состоянию дуги: свободная; сжатая.
4. По числу дуг: однодуговая; многодуговая.
5. По полярности сварочного тока: прямой; обратный.
6. По виду электрода: плавящийся (металлический); неплавящийся (угольный, вольфрамовый и др.).

Основная характеристика плавления электрода – линейная скорость его плавления в единицу времени, обусловленная составом электрода, покрытием, режимом сварки, плотностью и полярностью тока.

Горячие (микро- и макроскопические) трещины зарождаются в процессе сварки углеродистых сталей при температуре 1200... 1350 °С (рис. 3.5). На образование трещин влияет наличие в металле валика вредных примесей (углерода, кремния, серы, фосфора и водорода). Наличие в сварочном шве полезных примесей (марганца, никеля и хрома) уменьшает появление горячих трещин.

Холодные трещины возникают при температуре ниже 400 °С и делятся на закалочные и хрупкие.

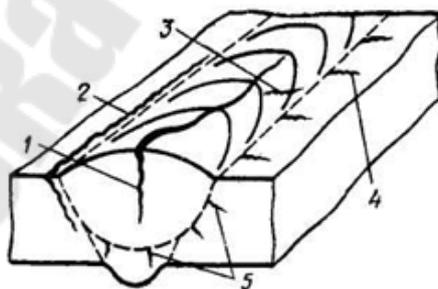


Рис. 3.5. Виды горячих трещин в сварных соединениях

1 и 2 – продольные соответственно в шве и околошовной зоне; 3 и 4 – поперечные соответственно в шве и околошовной зоне; 5 – поперечные по толщине свариваемого металла

Закалочные трещины образуются на границе сплавления в средне- и высоколегированных сталях перлитного и мартенситного

классов вследствие того, что в присутствии мартенсита объем металла увеличивается и имеют место структурные напряжения

Хрупкие трещины появляются в наплавленном слое при его быстром охлаждении.

Поры возникают только на грани раздела фаз между твердым и жидким металлом, что объясняется наличием в жидком металле пузырьков газов CO , CO_2 , H_2 и др.

Способы снижения сварочных напряжений и деформаций. К таким способам относятся: отпуск, аргонодуговая обработка, проковка шва и околошовной зоны, термическая или механическая правка.

Диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины восстанавливаемой детали. При сварке деталей толщиной до 4 мм его диаметр принимают равным толщине восстанавливаемой детали. В других случаях диаметр, мм, целесообразно выбирать по графику (рис. 3.6).

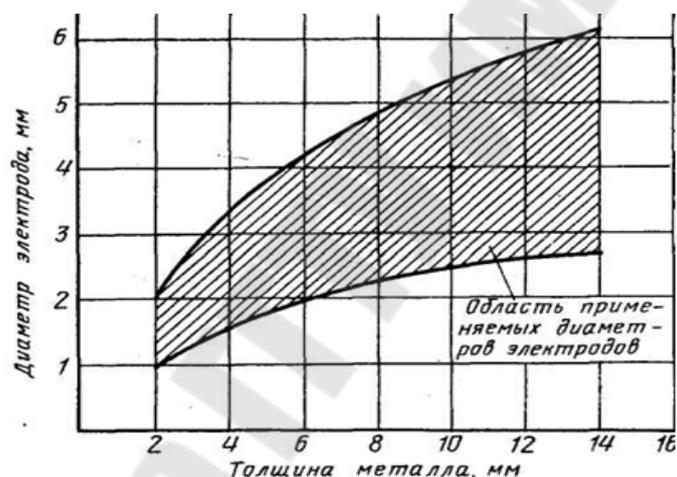


Рис. 3.6. График зависимости диаметра электрода от толщины металла

Свариваемость материалов – способность металла образовывать сварные соединения с близкими в шее механическими свойствами к основному металлу по установленной технологии сварки.

Различают металлургическую, технологическую и эксплуатационную свариваемости.

Под металлургической свариваемостью понимают процессы, протекающие в зоне сплавления свариваемых деталей. В результате образуются неразъемные сварные соединения.

Под технологической свариваемостью понимают возможность получения сварного соединения определенным способом. Она устанавливает режимы и способы сварки, технологическую последовательность выполнения сварочных работ.

Под эксплуатационной свариваемостью понимают прочность и пластичность сварных соединений при определенных условиях нагружения. Она служит суммарным проявлением в металлургической и технологической свариваемости. Ее критерием считается разрушающее усилие (нагрузка), характеризующее механическую прочность при испытании на срез или растяжение.

Механизированная сварка и наплавка как метод восстановления деталей с/х машин

Дуговая наплавка под слоем флюса. Этот способ позволяет увеличить мощность сварочной дуги за счет увеличения допустимой плотности тока до 150..200 А/мм² (при ручной дуговой сварке плавящимся электродом не превышает 15...30 А/мм²) без опасности перегрева электрода. Производительность сварочно-наплавочных работ повышается в 6...7 раз по сравнению с ручной дуговой сваркой.

Горение дуги под слоем флюса способствует резкому снижению теплообмена с внешней средой, в результате чего удельный расход электроэнергии при наплавке металла уменьшается с 6...8 до 3...5 кВт·ч/кг. Значительно улучшается условия формирования наплавленного металла и его химический состав. Так, например, содержание кислорода в наплавленном слое в 20 и более раз, а азота втрое ниже, чем при наплавке ручным электродом.

Механизация процесса позволяет сократить потери электродного материала на разбрызгивание и огарки с 20..30 до 2...4 %, а также снизить влияние квалификации сварщика на качество сварочно-наплавочных работ.

Между электродом 1 (рис. 3.7), проходящим через мундштук 2, и деталью 11 возбуждается электрическая дуга 5. В зону горения последней по флюсопроводу 4 поступает флюс 3. Тепловая энергия, возникающая при горении дуги, оплавляет электрод и расплавляет флюс. В результате образуется флюсовый пузырь, состоящий из газовой оболочки 7 и расплавленного флюса 6, что защищает дугу и расплавленный металл 8 от воздействия внешней среды по мере перемещения сварочной ванны наплавленный металл 9 остывает и формируется под защитой шлаковой корки И).

Наплавкой под слоем флюса восстанавливают и упрочняют детали с достаточно большими износами (до 3 мм).

В процессе наплавки наплавленный металл изменяет физико-механические свойства в широких пределах за счет выбора соответствующего флюса и электродного материала.

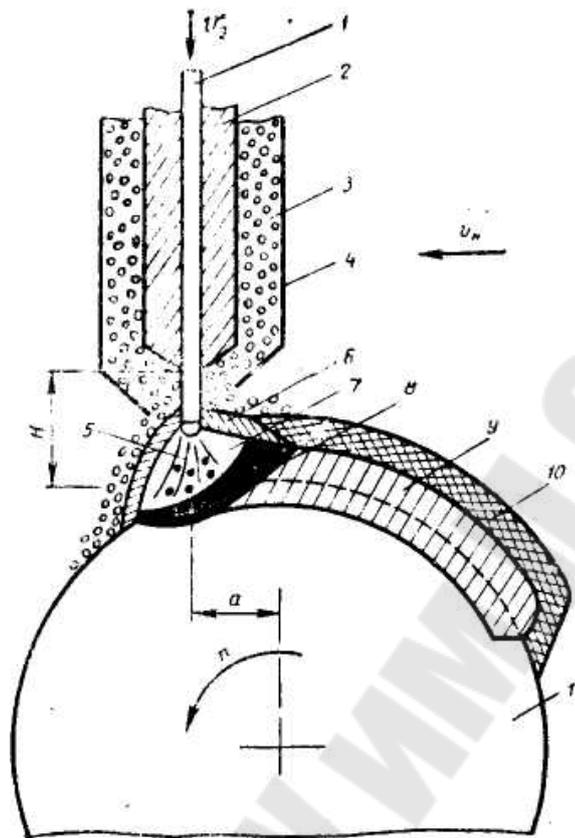


Рис. 3.7. Схема наплавки под слоем флюса цилиндрических деталей
 1 – электрод; 2 – мундштук; 3 – флюс; 4 – флюсопровод; 5 – электрическая дуга;
 6 – расплавленный флюс; 7 – газовая (газошлаковая) оболочка; 8 – расплавленный металл; 9 – наплавленный металл; 10 – шлаковая корка; 11 – деталь; H – вылет электрода; a – смещение электрода с зенита; $V_{Э}$ – скорость подачи электродной проволоки; $V_{н}$ – скорость наплавки

Назначение и свойства флюса определяются составом входящих в него компонентов.

Шлакообразующие вещества (марганцевая руда, полевой шпат, кварц, плавиковый шпат и др.) образуют шлаковую корку, необходимую для защиты металла от окисления в процессе его охлаждения и улучшения формирования металла шва. Раскисляющие и легирующие вещества (ферромарганец, ферротитан, феррохром, алюминий и др.) способствуют раскислению сварочной ванны и легированию ее соответствующими элементами.

Газообразующие вещества (крахмал, декстрин, древесная мука и т. д.) при нагреве разлагаются с выделением значительного количества газов (CO и CO_2), которые вытесняют воздух из зоны горения дуги.

Ионизирующие вещества (сода, поташ, двуокись титана) образуют легкоионизирующиеся газы, стабилизирующие горение дуги.

Различают плавные и керамические флюсы и флюсосмеси.

Плавленные флюсы приготавливают сплавлением в печах компонентов, входящих в их состав, с последующей грануляцией.

Керамические флюсы включают ферросплавы с температурой плавления в 1,5...2,0 раза выше, чем остальные компоненты. Керамические флюсы за счет имеющихся в их составе ферросплавов позволяют легировать наплавленный металл хромом, титаном, алюминием и другими металлами. Однако стоимость таких флюсов выше.

Различают мелкозернистые (0,4...2,5 мм) и крупнозернистые (1,6...4,0 мм) флюсы. Плавленные флюсы имеют низкую стоимость, обеспечивают качественную защиту металла и его легирование марганцем и кремнием. Флюосмеси состоят из дешевого плавленного флюса с добавками чугунной стружки, графита и ферросплавов.

Процессы наплавки под слоем флюса совершенствуются в направлении оптимизации режимов, выбора оборудования и наплавочных материалов. Производительность можно повысить за счет применения ленточных электродов, порошковых проволок и многоэлектродной наплавки.

К существенным недостаткам способа относятся: значительный нагрев деталей и возникновение их термических деформаций; вероятность прожога тонкостенных деталей; сложности, связанные с удалением шлаковой корки.

Вибродуговая наплавка – один из наиболее распространенных способов восстановления деталей на сельскохозяйственных ремонтных предприятиях. Это обусловлено рядом его особенностей: высокой производительностью (до 2,6 кг/ч); незначительным нагревом детали (до 100 °С); отсутствием существенных структурных изменений поверхности детали (зоны термического влияния при наплавке незакаленных деталей 0,6... 1,5 мм и закаленных – 1,8...4,0 мм), что позволяет наплавлять детали малого диаметра (от 8 мм), не опасаясь их прожога или коробления.

Особенность вибродуговой наплавки заключается в вибрации электрода, что обуславливает наплавление металла при низком напряжении источника тока, относительно небольшой мощности в сварочной цепи, когда непрерывный дуговой процесс не возможен. Вибрация улучшает стабильности наплавки и расширяет ее диапазон устойчивых режимов.

За счет вибрации электрод отводится от детали, и в разрыве возникает электрическая дуга (период дугового разряда), Энергия, запасенная в индуктивности, начинает освобождаться. Электродвижущая

сила (ЭДС) самоиндукции складывается с ЭДС источника тока, в результате чего напряжение на дуговом разряде оказывается в два и более раза выше, чем на зажимах источника тока, причем оно поддерживается примерно постоянным, несмотря на изменение длины дуги. В этот период выделяется 90...95 % тепловой энергии и кончик электрода оплавляется.

При достаточном удалении электрода от детали, а также израсходовании энергии, запасенной дросселем, дуга гаснет. Начинается период холостого хода. Он заканчивается тогда, когда электрод вновь касается детали и капля расплавленного металла переносится на ее поверхность. Цикл многократно повторяется, и на детали формируется валик наплавленного металла.

Длительность периодов короткого замыкания и горения дуги определяется частотой вибрации электрода, напряжением холостого хода и индуктивностью цепи. С увеличением напряжения и индуктивности возрастают период горения, а, следовательно, количество выделившейся теплоты и производительность процесса. Однако чрезмерное их увеличение нарушает стабильность процесса, и возникают большие потери электродной проволоки. В каждом конкретном случае их следует подбирать оптимальными.

Установка для вибродуговой наплавки (рис. 3.8) состоит из: наплавочной головки, кренящейся на суппорте токарного станка; источника питания; дополнительной индуктивности (дросселя); системы подачи охлаждающей жидкости.

Особенность процесса с высокой скоростью охлаждения – значительная «пятнистость» слоя, вызванная взаимным термическим влиянием наплаваемых валиков. При использовании углеродистых электродов для закаленных валиков характерными структурами считаются мартенсит, а для зон сплавления – сорбит или тростит.

Наплавка в среде углекислого газа. Сварку и наплавку в среде защитных газов широко используют в ремонтном производстве. Однако высокая стоимость инертных газов ограничивается только сваркой деталей из алюминиевых сплавов и высоколегированных сталей.

Газотермическое напыление как метод восстановления деталей с/х машин

Газотермические покрытия получают напылением расплавленных или доведенных до пластического состояния металлов, сплавов и других материалов на предварительно подготовленную поверхность детали.

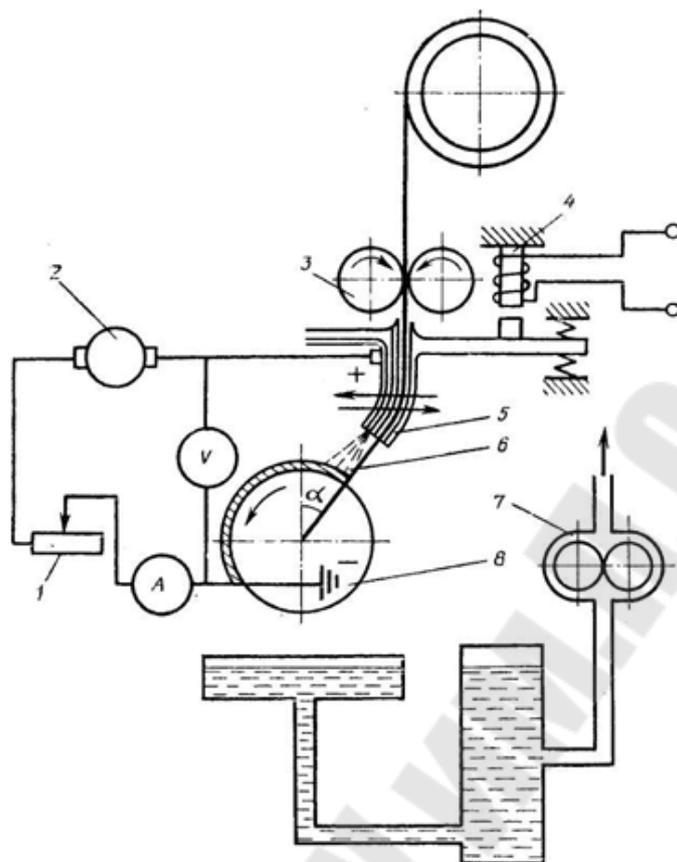


Рис. 3.8. Принципиальная схема установки для вибродуговой наплавки
 1 – дроссель; 2 – сварочный преобразователь; 3 – механизм подачи электродной проволоки; 4 – вибратор; 5 – мундштук; 6 – электродная проволока; 7 – износ для охлаждающей жидкости; 8 – наплавляемая деталь

Для расплавления материала применяют дуговой разряд, плазменную струю, газовое пламя и детонацию. Отсюда и название – электродуговая, плазменная, газовая металлизация и детонационное напыление.

Сущность названных процессов заключается в том, что материал покрытия в виде проволоки (или порошка) вводится в дуговой разряд или в высокотемпературную зону газовой струи, расплавляется и потоком воздуха или газа распыляется и направляется на поверхность детали, формируя покрытие.

Газотермическими покрытиями восстанавливают и упрочняют изношенные детали, а также защищают металлы от коррозии.

Технология напыления металлов обладает целым рядом преимуществ по сравнению с наплавкой, нанесением гальванических покрытий и др. К основным из них относятся:

- нанесение покрытий из разных металлов и сплавов как на металлическую (сталь, чугун, алюминий), так и неметаллическую (керамика, стекло и другие материалы) основу;
- возможно получение покрытий с заданными свойствами по твердости, износостойкости, пористости и другим показателям подбором материалов и режимов;
- нагревание детали не выше $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, что позволяет сохранять ее структуру и свойства;
- толщина покрытия может колебаться в пределах от сотых долей миллиметра до нескольких миллиметров при производительности процесса до десятков килограммом распыляемого материала в час.

Основная характеристика, определяющая работоспособность газотермических покрытий – прочность их сцепления с поверхностью восстанавливаемых (упрочняемых) деталей. Она зависит от подготовки поверхности, вида напыляемого материала, способа и режима нанесения металлизационного покрытия.

Подготовка поверхности (накатка, нарезка рваной резьбы, струйно-абразивная обработка и др.) сводится к созданию такой шероховатости, которая способствовала бы механическому закреплению напыляемого материала.

Прочность сцепления повышается при: напылении (в качестве подслоя) молибдена, нихрома, алюминия и никеля; подогреве детали перед нанесением покрытия; оплавлении после напыления и др.

Электродуговая металлизация – процесс, при котором металл (чаще всего в виде проволоки) расплавляется электрической дугой и затем струей сжатого воздуха наносится на поверхность восстанавливаемой детали (рис. 3.9).

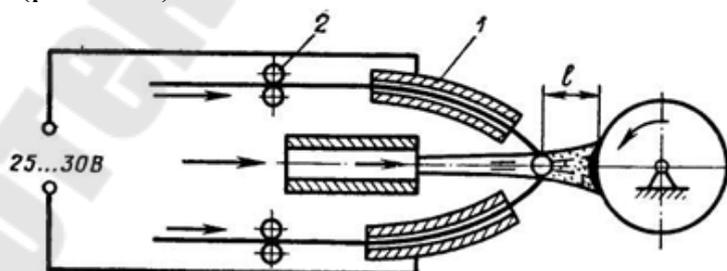


Рис.3.9. Схема электродуговой металлизации
1 – латунный наконечник; 2 – изолированные ролики; l – расстояние от восстанавливаемой поверхности до очага плавления проволоки

Электродные проволоки подаются двумя парами изолированных один относительно другого роликов, контактируют, выходя из латун-

ных наконечников. Последние находятся под напряжением, что приводит к возникновению электрической дуги, в которой плавятся проволочки.

Струя сжатого воздуха распыливает образующиеся капельки жидкого металла на мельчайшие частицы и с силой подает их на поверхность детали.

Раскаленные частицы, соприкасаясь со струей сжатого воздуха, охлаждаются, но достигают поверхности детали в пластическом состоянии. Ударяясь в нее с большой скоростью (до 200 м/с), они расплющиваются, заполняя неровности (образуется пористое покрытие).

Наличие пористости создает благоприятные условия для работы подвижных соединений.

При исследовании пористых материалов на трение установлено, что они обладают самосмазываемостью. Эффект последней объясняется различием в коэффициентах расширения смазки и материала детали. С повышением температуры трущихся поверхностей масло за счет большего объемного расширения выступает из пор и капилляров и смазывает поверхности трения. Особенно желателен этот эффект в начальный период работы соединения, когда между поверхностями трения находится мало смазки и возможно схватывание трущихся поверхностей.

Плазменная металлизация. Плазма представляет собой высокотемпературный, сильно ионизированный газ. Он создается дуговым разрядом, размещенным в узком канале специального плазмотрона, при обдуве электрической дуги соосным потоком плазмообразующего газа. Столб дуги сжимается, его степень ионизации и температура повышаются (до 10..18 тыс. градусов).

Во всех известных конструкциях плазмотронов применяется вольфрамовый (неплавящийся) катод (рис. 3.10). Анодами могут служить деталь, водоохлаждаемое сопло, деталь и сопло одновременно. В первом случае плазменная дуга называется открытой, во втором – закрытой и в третьем – комбинированной.

При открытой плазменной дуге ток течет между электродом и деталью. Плазмообразующий газ совпадает с дуговым разрядом на всем пути его следования от катода до анода.

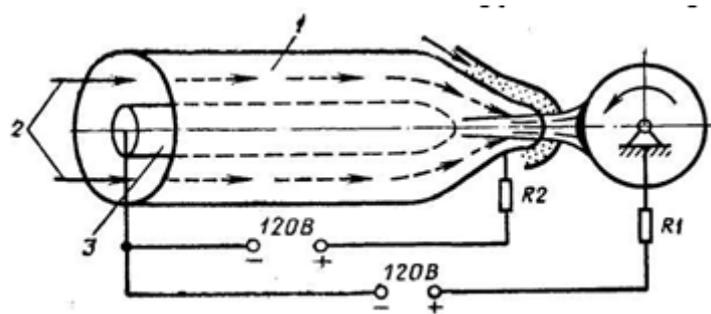


Рис. 3.10. Схема плазменной металлизации
 1 – бутылкообразное сопло (ввод); 2 – плазмообразующий газ;
 3 – вольфрамовый катод; R1 и R2 – сопротивления

Такой процесс сопровождается передачей большего количества тепла детали, поэтому открытая плазменная дуга необходима при резке металлов.

При закрытой плазменной дуге плазмообразующий газ течет соосно с дугой лишь часть пути и, отделяясь от нее, выходит из сопла плазмотрона в виде факела плазмы. Температура такой дуги (ее сжатой части) на 25...30 % выше, чем открытой. Ее используют при плавлении подаваемых в сжатую часть дуги тугоплавких порошков, напыляемых на поверхность детали.

При комбинированной плазменной дуге горят две дуги между вольфрамовым электродом и деталью; тем же электродом и водоохлаждаемым соплом.

Плазмотрон с комбинированной дугой позволяет отдельно регулировать плавление присадочного и основного материалов изменением соответствующих сопротивлений.

В качестве плазмообразующих газов служат аргон, азот, гелий, а в качестве присадочных материалов – электродная проволока или специальные порошки.

Однако порошки относятся к числу дорогостоящих. С помощью них восстанавливают детали с малыми износами (до 1 мм). При наплавке деталей слоем значительной толщины (до 3 мм) применение хромборникелевых порошков приводит к возникновению трещин.

Добавка алюминия способствует образованию прочной оксидной пленки, что позволяет восстанавливать детали без защитных газов. Указанной смесью наплавляют слои значительной толщины (до 3 мм) без трещин. Износостойкость получаемого покрытия превосходит соответствующий показатель закаленной стали 45 почти в три раза.

Электрохимический и химические способы восстановления деталей с/х машин

Свыше 85 % деталей тракторов и автомобилей и 95 % деталей двигателей выбраковывают при износе не более 0,3 мм. Их целесообразно восстанавливать гальваническими покрытиями, которые имеют следующие преимущества по сравнению с другими способами:

- отсутствие термического воздействия на детали, вызывающего нежелательные изменения структуры и механических свойств;
- получение с большой точностью заданной толщины покрытий, что позволяет уменьшить до минимума припуск на последующую механическую обработку и ее трудоемкость или вообще исключить обработку;
- осаждение покрытий с заданными, непостоянными по толщине физико-механическими свойствами;
- одновременное восстановление большого числа деталей (в ванну загружают десятки деталей), что снижает трудоемкость и себестоимость единицы изделия; возможность автоматизации процесса.

Общие сведения по электрохимии. Рассмотрим некоторые понятия.

Электродные потенциалы. Если в растворитель или в раствор какой-либо соли опустить металлический стержень (например, медный стержень в раствор серной кислоты), то он будет растворяться и переходить в раствор, образуя положительно заряженные ионы. По мере увеличения концентрации в растворе металл растворяется слабее. При достижении ее определенного значения раствор становится насыщенным и устанавливается подвижное равновесие: какие-то ионы металла переходят в раствор, и в то же время такое же их количество из раствора оседает на металле.

Значение электродного потенциала зависит от концентрации ионов металла в растворе. Потенциал металла, помещенного в раствор своих собственных ионов, активность которых составляет 1 моль-ион/л, называется нормальным, или стандартным. Металлы, размещенные в порядке возрастания их нормальных потенциалов, образуют электрохимический ряд напряжений.

Электролиз. Ионы, образовавшиеся в результате электролитической диссоциации, движутся в электролите беспорядочно. Если же в него на некотором расстоянии один относительно другого поместить два токопроводящих электрода, присоединенных к источнику постоянного тока, то под действием электрического поля ионы будут дви-

гаться направленно. В цепи возникнет электрический ток (рис. 3.11). Электрод, присоединенный к отрицательному полюсу источника тока, называется катодом, а электрод присоединенный к положительному полюсу – анодом. Положительно заряженные ионы (ионы металлов и водорода) перемещаются к катоду и поэтому называются катионами, отрицательно заряженные ионы (ионы металлоидов и кислотных остатков) – к аноду и называются анионами.

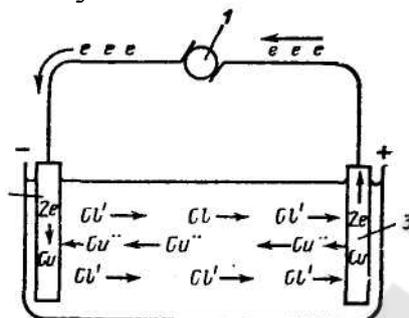


Рис.3.11. Схема электролиза водного раствора хлористой меди с медными электродами
1 – источник постоянного тока; 2 – катод; 3 – анод; e – электрон

При гальваническом покрытии деталей в качестве электролита применяют обычно раствор соли осаждаемого металла (в электролит вводят также некоторые компоненты, улучшающие свойства покрытий, увеличивающие электропроводность электролита и т. д.). Катодом служат предварительно очищенные и подготовленные детали, подлежащие покрытию, а анодом – пластины из осаждаемого металла. Иногда используют аноды из металла или сплава, которые в данном электролите не растворяются (свинец), а также нерастворимые аноды из графита. На таких анодах обычно выделяется кислород.

Электролиз сводится в основном к тому, что находящиеся в электролите ионы металла разряжаются на катоде, переходя в атомарное состояние, и осаждаются на нем. Атомы образуют кристаллическую решетку, покрывая поверхность детали слоем металла. Анод растворяется (в случае электролиза с растворимым анодом), образуя новые ионы металла взамен выделившихся на катоде, тем самым поддерживая концентрацию электролита.

Количественно процесс электролиза подчиняется двум законам, открытым Фарадеем, названным впоследствии законами Фарадея.

Масса вещества, выделившегося на катоде или растворившегося на аноде, прямо пропорциональна силе тока и времени его прохождения, т. е. прямо пропорциональна количеству прошедшего через электролит электричества.

Электрокристаллизация складывается из двух одновременно протекающих процессов: образования центров кристаллизации (кристаллических зародышей) и их роста (кристаллов). Каждый из них проходит с определенной скоростью, зависящей от условий электролиза. В зависимости от соотношения скоростей образования этих центров и роста кристаллов изменяются структура покрытий и связанные с ней физико-механические свойства. При первом процессе образуется мелкокристаллическая структура, при втором – меньше новых центров, но усиливается рост кристаллов. Возникает крупнокристаллическое покрытие.

Наиболее ценными техническими свойствами обладают мелкокристаллические покрытия.

Важнейшая характеристика свойств гальванических металлов – твердость, которая наиболее доступна для изучения и в то же время тесно связана с другими свойствами. Чем больше катодная плотность тока, тем выше катодная поляризация внутренние напряжения и твердость железных покрытий. Чем жестче режим электролиза, чем меньше размеры кристаллов и тем больше твердость покрытия.

С уменьшением температуры электролита и повышением плотности тока увеличивается твердость покрытий, а их внешний вид изменяется от молочного до блестящего и серого цвета. Наибольшей износостойкостью характеризуются блестящие хромовые покрытия, молочные – обладают наибольшими пластичностью и защитными свойствами и считаются менее напряженными и твердыми.

Технология нанесения гальванических покрытий. Технологический процесс состоит из трех групп операций: подготовки деталей к наращиванию, нанесения покрытия и последующей обработки.

Подготовка деталей.

Механическая обработка предназначена для удаления с покрываемой поверхности следов износа и придания ей требуемой шероховатости. В процессе восстановления детали обычно шлифуют до шероховатости, соответствующей 6...7-му классу, или зачищают шкуркой (при небольших равномерных износах). Промывка органическим растворителем (бензином, керосином и др.). Изоляция поверхностей деталей. Монтаж деталей на подвеску выполняют при их завешивании в ванну с электролитом.

По числу одновременно монтируемых деталей различают индивидуальные и групповые подвески.

Обезжиривание в щелочных растворах можно проводить химическим и электрохимическим методами. При химическом – детали погружают в горячий щелочной раствор и выдерживают в нем определенное время.

Сущность электрохимического обезжиривания заключается в том, что изделия, погруженные в щелочной раствор, включают в цепь электрического тока в качестве катода или анода. На поверхности электродов бурно выделяются пузырьки газа (водород на катоде, кислород на аноде). Они облегчают эмульгирование жиров и масел, механически разрывают и удаляют их пленки, ускоряя тем самым в несколько раз процесс. Скорость последнего мало зависит от концентрации и температуры раствора (60...80 °С) и определяется плотностью тока, которая обычно составляет 3...10 А/дм². Чем больше жировых загрязнений на поверхности деталей, тем больше должна быть плотность тока.

После обезжиривания детали тщательно промывают сначала горячей (70...80 °С), а затем холодной водой. Если она равномерно растекается и смачивает всю поверхность детали, а не собирается каплями, то качество обработки хорошее.

Травлением удаляют оксидные пленки и дефектный слой с покрываемых поверхностей, выявляют кристаллическую структуру и повышение активности металла. Его проводят химическим и электрохимическим методами

Нанесение покрытий. В ремонтном производстве из гальванических покрытий чаще всего применяют железнение и реже – хромирование, цинкование и никелирование.

Железнение используют при:

- восстановлении малоизношенных деталей (наращивание до нормального или ремонтного размера) автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных машин, различного оборудования;
- исправлении брака механической обработки;
- упрочнении рабочих поверхностей деталей из малоуглеродистой и среднеуглеродистой сталей, не прошедших в процессе изготовления термической обработки.

К достоинствам такого электролита по сравнению с сульфатными относятся: стабильность состава, что уменьшает частоту его корректировки; колебания температуры электролита и плотности тока меньше отражаются на внешнем виде покрытий и выходе по току; хорошая рассеивающая способность и более высокие свойства покры-

тий; большой выход по току (18...20 %) позволяет в 1,3... 1,5 раза увеличить производительность хромирования.

Однако саморегулирующийся электролит более сложен по составу, чувствителен к хлоридам и обладает большой агрессивностью, последнее приводит к тому, что участки деталей, которые не покрываются хромом (вследствие низкой плотности тока на них, экранирования и т. д.), растворяются в электролите, даже будучи катодно поляризованными. Поэтому такой электролит не получил широкого применения.

Площадь поверхности свинцовых анодов должна в два раза превышать площадь хромируемой поверхности. Расположение анодов и деталей в ванне такое же, как и при железнении.

Наиболее широко используется электрохимический способ. Он заключается в том, что хром осаждается при появлении в покрытии сетки микротрещин. Для их расширения и углубления покрытие подвергают анодной обработке в электролите того же состава, что и при хромировании (поверхность трещин активнее и растворяется гораздо быстрее других участков хрома). В зависимости от режима хромирования и анодного травления можно выполнить канальчатую и точечную пористость.

Цинкование чаще всего применяют в ремонтном производстве для защиты от коррозии крепежных деталей и восстановления посадочных поверхностей малонагруженных деталей.

Чтобы повысить коррозионную стойкость покрытий, необходимо их пассивировать, обрабатывая в растворах хромовой кислоты или ее солей. В результате на поверхности цинка образуется хроматная пленка радужных оттенков (от светло-желтого до розового и фиолетового).

При механической обработке мягкие покрытия точат, а твердые – шлифуют или хонингуют.

Способы нанесения гальванических покрытий. Рассмотрим некоторые из них.

Ванные способы. Детали помещают в электролит, находящийся в какой-либо емкости (в стационарных ваннах, колоколах, колокольных и барабанных ваннах).

Стационарная ванна представляет собой емкость прямоугольной формы, снабженную: нагревательным устройством (при необходимости); бортовыми отсосами для удаления вредных испарений; катодными и анодными штангами, подсоединенными к источнику тока,

для завешивания деталей и анодов. Ее внутреннюю поверхность футеруют кислотостойкими материалами.

Применение полимерных материалов при восстановлении деталей с/х машин

Пластическими массами называют материалы, изготовленные на основе высокомолекулярных органических веществ и способные под влиянием повышенных температур и давления принимать определенную форму, которая сохраняется в условиях эксплуатации изделия. Пластмассы представляют собой сложные многокомпонентные смеси. Их главная составная часть полимер, соединяющий все компоненты. Кроме него, в состав входят наполнители, пластификаторы, отвердители, катализаторы (ускорители), красители и другие добавки.

В некоторых случаях пластмассы могут состоять только из полимера. В зависимости от их химической природы они делятся на термопластичные и термореактивные.

Термопластичные пластмассы (полиамиды, полиэтилен, полистирол и др.) при многократном нагревании и охлаждении сохраняют способность размягчаться, плавиться и вновь затвердевать, что связано с их линейной или разветвленной структурой макромолекул. В них не происходят химические реакции.

Термореактивные пластмассы (пресс-порошки, текстолит, эпоксидные композиции и др.), нагреваясь, необратимо переходят в неплавкое и нерастворимое состояние, связанное, с образованием пространственной (сшитой) структуры.

Первые перерабатывают литьем под давлением, прессованием, напылением, нанесением из растворов, вторые – прессованием и нанесением из растворов.

Ремонт деталей, имеющих трещины и пробоины. Блоки цилиндров, их головки, картеры коробок передач и другие детали ремонтируют с использованием эпоксидных смол.

Широко используется эпоксидная смола ЭД-16 – прозрачная вязкая масса светло-коричневого цвета. В герметически закрытом сосуде при комнатной температуре она может храниться продолжительное время.

С помощью наполнителей улучшаются физико-механические, фрикционные или антифрикционные свойства, повышаются теплоустойчивость и теплопроводность и снижается стоимость. К ним относятся чугунный, железный и алюминиевый порошки, асбест, цемент, кварцевый песок, графит, стекловолокно и др.

Трещины длиной до 20 мм заделывают следующим образом. С помощью лупы 8...10-кратного увеличения определяют границы трещин и на ее концах сверлят отверстия диаметром 2,5... 3,0 мм. Вдоль нее по всей длине снимают фаску под углом 60...70 ° на глубину 1,0...3,0 мм. Если толщина детали менее 1,5 мм, то снимать фаску не рекомендуется.

Зачищают поверхность на расстоянии 40... 50 мм от трещины до металлического блеска. Обезжиривают поверхности трещин и зачищенного участка, протирая их смоченным в ацетоне тампоном. После просушивания в течение 8...10 мин поверхность детали вновь обезжиривают и вторично просушивают.

Деталь 1 (рис. 3.12, а) устанавливают так, чтобы поверхность с трещиной 2 длиной до 20 мм находилась в горизонтальном положении, и наносят шпателем эпоксидный состав 3 на поверхности трещины и зачищенного участка. Заделывают трещины чугунных и стальных деталей составом Б, а из алюминиевых сплавов – В.

Трещину длиной 20...150 мм (рис.3.12, б) заделывают так же, но после нанесения эпоксидного состава 3 на нее дополнительно укладывают накладку 4 из стеклоткани. Последняя перекрывает трещину со всех сторон на 20...25 мм. Затем накладку прикатывают роликом 5. На поверхность наносят слой состава, и накладывают вторую накладку 6 (рис. 3.12, в) с перекрытием первой на 10...15 мм. Далее прикатывают роликом и наносят окончательный слой эпоксидного состава.

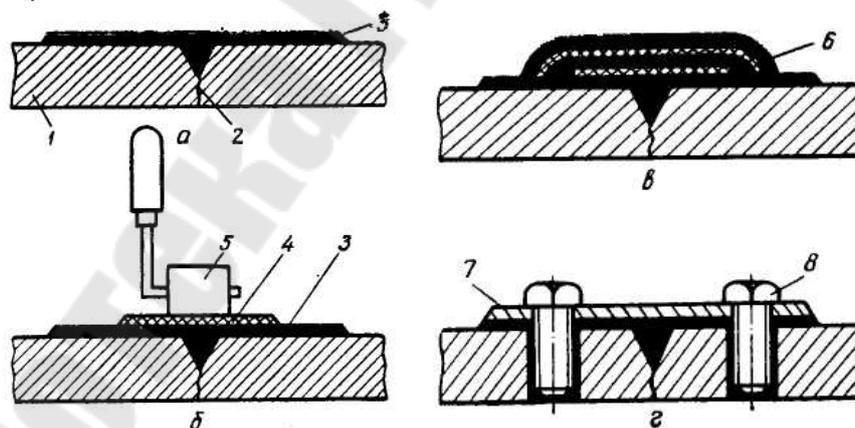


Рис. 3.12. Схема заделки трещин

а...г – варианты; 1 – деталь; 2 – трещина; 3 – эпоксидный состав; 4 и 6 – наклейки из стеклоткани; 5 – ролик; 7 – металлическая накладка; 8 – болт

На трещины длиной более 150 мм (рис. 3.12, г) наносят эпоксидный состав с наложением металлической наклейки и закреплением ее болтами. Подготовка поверхности и разделка трещины такая же, что и

для трещины длиной менее 150 мм. Накладку 7 изготавливают из листовой стали толщиной 1,5...2,0 мм. Она должна перекрывать трещину на 40...50 мм. В накладке сверлят отверстия диаметром 10 мм. Расстояние между их центрами вдоль трещины 60...80 мм. Центры должны отстоять от краев накладки на расстоянии не менее 10 мм.

Основная часть – полимеризационно ненасыщенные соединения акрилового ряда. Они обладают высокой скоростью превращения в пространственно сшитые полимеры при отсутствии кислорода. Инициатор и катализатор полимеризации ускоряют процесс образования полимера. Стабилизирующая система сдерживает действие инициатора в присутствии кислорода воздуха.

3.2. Ремонт корпусных деталей и резьбовых соединений в узлах и агрегатах уборочных машин

В ремонт этих узлов входит:

- Заделка трещин в корпусных деталях
- Ремонт резьбовых соединений.

Заделка трещин в корпусных деталях. Эту операцию выполняют слесарно-механическими способами: штифтованием, фигурными вставками и постановкой заплат.

Заделка трещин штифтованием. Вначале засверливают концы трещины, нарезают в них резьбу и устанавливают штифты. Затем в порядке, указанном на рис.3.13, сверлят отверстия и устанавливают остальные штифты. Концы штифтов рекомендуется расчеканивать, а отремонтированные поверхности – пропаявать. Трещины длиной 50 мм и более заделывать штифтами не следует.

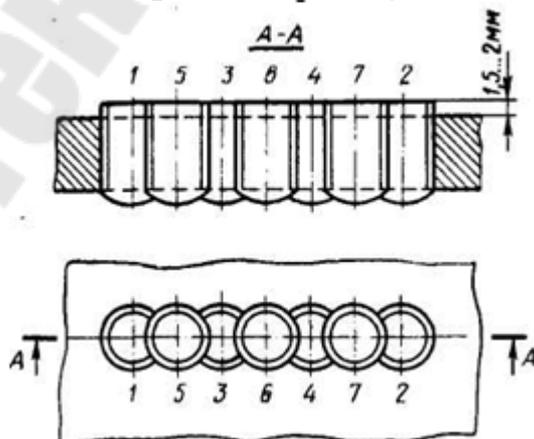


Рис. 3.13. Схема заделки трещин штифтами

Заделка трещин фигурными вставками позволяет восстанавливать не только герметичность детали, но и ее прочность.

Заделка трещин постановкой заплат. Трубку насаживают на электрод, предварительно просушив его при температуре 180 °С в течение 40 мин. Положительный полюс источника подключают к внутреннему электроду (аноду), а отрицательный – к трубке (катоде) и параллельно к детали. Электрод закрепляют в держатель. Включают размыкатели сварочного напряжения и зажигают дуги, касаясь анодом металлического предмета, соединенного с массой вместе с деталью. Как только столб дуги достигает катода, возбуждается косвенная дуга. После этого подносят электрод к свариваемой детали и разделяют или сваривают трещины.

Ремонт резьбовых соединений. Работоспособность резьбовых соединений восстанавливают двумя методами: с изменением первоначального размера изношенной резьбовой детали (способ ремонтных размеров) и без его изменения (способы наплавки и заварки, постановки добавочных деталей, замены части детали). Более прогрессивным считается последний, т.е. без изменения размеров резьбы (под номинальный размер), так как при этом не нарушается взаимозаменяемость и не уменьшается прочность соединения.

Ремонт резьбовых соединений. Работоспособность резьбовых соединений восстанавливают двумя методами: с изменением первоначального размера изношенной резьбовой детали (способ ремонтных размеров) и без его изменения (способы наплавки и заварки, постановки добавочных деталей, замены части детали). Более прогрессивным считается последний, т.е. без изменения размеров резьбы (под номинальный размер), так как при этом не нарушается взаимозаменяемость и не уменьшается прочность соединения.

Резьбовые отверстия имеют следующие основные дефекты: срыв, забитость, смятие и выкашивание отдельных витков, износ по внутреннему и среднему диаметрам и др. Для их ремонта применяют различные способы (рис. 3.14).

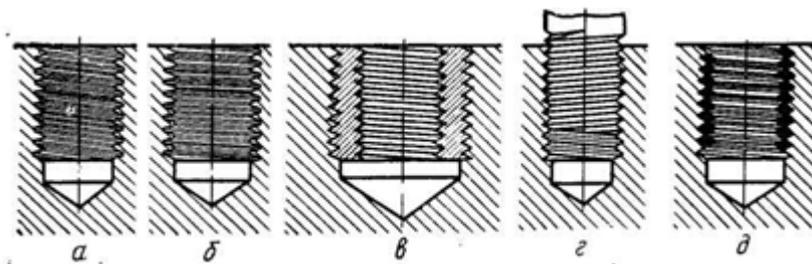


Рис. 3.14. Способы ремонта резьбовых соединений

a – заварка с последующим нарезанием резьбы номинального размера; *б* – нарезание резьбы увеличенного (ремонтного) размера; *в* – установка свертыша; *г* – стабилизация резьбовых соединений полимерной композицией; *д* – установка спиральной вставки

Основной недостаток заварки отверстий с последующим сверлением и нарезанием резьбы номинального размера – большая зона термического влияния, что приводит к отбелу чугуна, образованию трещин и короблению, изменению структуры основного металла и снижению прочности резьбы почти в два раза.

Свертыши (рис. 3.14) устанавливаются в предварительно нарезанное отверстие детали. Для предотвращения от вывертывания ставят стопорные шпильки или приклеивают их эпоксидным компаундом. Наружный диаметр свертыша определяют из выражения. Высота свертыша равна толщине материала корпуса, но не менее $3d$.

$$D = d \sqrt{\sigma_1 / \sigma_2},$$

где: d – наружный диаметр резьбы болта; σ_1 и σ_2 – пределы прочности соответственно материала болта и корпуса.

3.3. Ремонт сборочных единиц и деталей двигателя внутреннего сгорания

Ремонт типовых сборочных единиц и деталей с/х машин. Основные неисправности машин

Текущий ремонт тракторов выполняется при возникновении неисправностей двигателя и шасси, которые не могут быть устранены регулировками при технических обслуживаниях. Большинство неисправностей возникает в результате изнашивания деталей в процессе эксплуатации. В двигателе наиболее интенсивно изнашиваются детали шатунно-поршневой группы, системы газораспределения, водяного насоса, радиатора (система охлаждения), масляной системы, топливной аппаратуры. Признаками необходимости текущего ремонта двигателя являются повышенный расход топлива, увеличенный угар

масла, понижение давления масла в системе смазки, ухудшение пусковых качеств.

Текущий ремонт шасси производится при возникновении следующих неисправностей: ухудшении управляемости, самовыключении передач, включении одновременно двух передач, ухудшении тяговых качеств, резких стуках и шумах в узлах трансмиссии и ходовой части, увеличении шага гусениц, нарушении герметизации узлов шасси и повреждений деталей механизмов.

Электрооборудование ремонтируется с учетом технического состояния каждого объекта (генераторы переменного и постоянного тока, реле-регулятор, аккумулятор, стартер, электродвигатель, провода и др.). Выявляются износы щеток, коллекторов, подшипников, нарушения в контактах, полюсах и др.

В гидравлической и навесной системах определяется техническое состояние шестеренчатых насосов, силовых цилиндров, распределителей и др. Все резиновые уплотнительные кольца и резиновые уплотнения сальников, шестеренчатых насосов, распределителей, силовых цилиндров, гидроувеличителей сцепного веса, гидроаккумуляторов и гидроусилителей рулевого управления, находившиеся в эксплуатации больше года, обычно заменяются.

В *зерноуборочных комбайнах* встречаются следующие основные неисправности.

1. В приемной части – износ и повреждение корпуса жатки, деталей вариатора оборотов мотовила, прогиб пальцевого бруса, износ и повреждение пальцев, режущих кромок вкладышей и сегментов, ослабление крепления вкладышей и сегментов, обрыв, скручивание спинки ножа, износ направляющего паза под спинку ножа, износ и повреждение средней части шнека жатки, деформация витков, отрыв витков шнека от трубы, прогиб трубы, износ подшипников, изгиб деталей подбирающего механизма.

2. В наклонной камере – деформация и перекосяк каркаса, износ днища, разрушение сварных соединений нижней трубы, удлинение цепи наклонного транспортера, ослабление заклепок соединения гребенок со звеньями, износ зубьев и изгиб гребенок.

3. В молотильном аппарате – износ бичей и штифтов барабана, нарушение балансировки, деформация вала, разрушение корпуса барабана, износ деталей подбарабанья, изгиб каркаса дек, износ рабочих граней планок дек и зубьев, разрушение сварных швов.

4. В соломотрясе – изгиб и скручивание валов, износ шеек под подшипники и звездочки, трещины корпуса, изгиб и разрушение граблин и решеток, поломки кронштейнов.

5. В механизмах очистки – деформация рычагов подвески грохота и решетчатого стана, износ втулок, деформация отверстий в рычагах под сменные втулки, нарушение координации деталей механизмов привода, дефекты деталей крепления, ослабление креплений рамки решета, излом и отрыв гребенок от осей, прогиб осей гребенок, износ шипов планок, трещины и надрывы ступенчатого листа, разрушение и износ уплотнений стрясной доски грохота.

6. В шнеках и элеваторах – износ цепей и специальных звеньев, износ и обрыв скребков, трещины и пробоины кожуха элеватора, трещины и вмятины в крышках элеватора, износ промежуточной доски, изгиб валов шнеков, деформация витков спирали, разрушение сварных швов, износ шпоночных пазов и резьбы.

7. В предохранительных устройствах (в муфтах) – износ зубчатых шайб, фрикционных накладок, ведущих выступов (пазов и отверстий для них), регулировочных болтов.

8. В мостах ведущих колес – износ деталей коробки передач, редуктора, дифференциала, сцепления, трещины в шкиве тормоза, износ ступиц вариатора скоростей, среднего диска, нарушение балансировки вариатора.

9. В подборщике – общая деформация узла, изгиб трубы, изгиб и отрыв кронштейнов и скатов, износ труб граблин, втулки опорного диска, пальцев граблин, осей и роликов, трещины и износ беговой дорожки боковины, протирание скатов и основания башмаков.

В связи с ускоренным развитием животноводства в стране все больший удельный вес приобретает *кормозаготовительная техника*, в которой ведущую роль играют силосоуборочные комбайны. Наиболее интенсивно в них изнашиваются рабочие органы, имеют место трещины и разрушение сварных швов, деформация и разрывы некоторых деталей, тонколистовые детали выходят из строя из-за коррозии металла.

Можно выделить следующие основные неисправности:

- деформация уголков и стоек рамы силосорезки;
- изгиб стенок силосопровода по направлению движения комбайна;
- износ рабочих поверхностей дефлектора и поддона ножевого барабана, износ цапф ножевого и битерного барабанов;

- прогиб пальцевого бруса режущего аппарата;
- износ настила платформы жатки;
- износ вкладышей транспортера жатки;
- отрыв планок, ослабление заклепок выгрузного транспортера;
- прогиб и поломка ведущего вала транспортера жатки, износ цапф;
- деформация и скручивание фермы;
- облом фланца редуктора выгрузного транспортера;
- износ шлицов вала ведущей шестерни главного редуктора;
- аварийные поломки приемно-измельчающего аппарата (силосорезки) вследствие попадания посторонних предметов (камней, кусков металла, коряг).

Оценка уровня качества отремонтированных машин

Под уровнем качества продукции понимают относительную характеристику качества продукции, основанную на сравнении значений показателей качества оцениваемой продукции с базовыми значениями соответствующих показателей.

Уровень качества отремонтированных изделий оценивают по рассмотренным выше показателям их качества; по факторам, характеризующим ремонт и определяющим качество отремонтированных изделий; по показателям дефектности отремонтированных изделий.

Различают следующие методы оценки уровня качества отремонтированных изделий по показателям качества:

- дифференциальный;
- комплексный;
- смешанный.

Дифференциальный метод базируется на использовании единичных показателей качества продукции. Качество отремонтированных изделий определяется по значению относительного показателя.

Все показатели разбивают на *основные* и *второстепенные*. Первые должны отражать существенные свойства испытуемых изделий, а вторые – несущественные. Если основные относительные показатели (например, гамма-процентный ресурс, средний ресурс, наработка на отказ) больше единицы, то уровень качества испытуемых изделий можно считать не ниже базового. Более правильно в этом случае использовать комплексный метод оценки уровня качества продукции.

Комплексный метод основан на использовании комплексных показателей качества продукции. Комплексный показатель характе-

ризуется совместно несколько простых свойств или одно сложное свойство продукции, состоящее из нескольких простых.

Примером такого показателя отремонтированных машин служит коэффициент готовности K_2 , т. е.

$$K_2 = T / (T + T_г),$$

где: T – наработка изделия на отказ (показатель безотказности); $T_г$ – среднее время восстановления (показатель ремонтпригодности)

Смешанный метод основан на применении единичных и комплексных показателей качества отремонтированных изделий. Его применяют в случаях, когда количество единичных показателей достаточно велико и по ним трудно получить обобщающие выводы, а также когда комплексный показатель в комплексном методе не учитывает всей совокупности свойств отремонтированных изделий.

При таком методе часть единичных показателей объединяют в группы. Для каждой из них определяют комплексный показатель качества. Наиболее важные показатели учитывают самостоятельно. По полученной совокупности комплексных и принятых для анализа единичных показателей определяют уровень качества изделий дифференциальным методом.

Показатели для оценки уровня качества продукции ремонтных предприятий имеет некоторые особенности по сравнению с продукцией предприятий, выпускающих новые изделия. Они заключаются в том, что для продукции ремонтных предприятий показатели качества должны количественно характеризовать только те свойства продукции, входящие в состав ее качества, которые могут изменяться в результате воздействия факторов производственного процесса ремонта.

К таким следует отнести некоторые показатели назначения, надежности, эргономические и эстетические, установленные стандартами для аналогичных новых изделий.

К примеру, на ремонтном предприятии для тракторов определяют такие показатели: номинальное тяговое усилие, номинальная мощность двигателя, максимальный крутящий момент на ВОМ, грузоподъемность навесной системы, давление в гидросистеме. Указанные показатели оценивают у 100 % изделий в процессе их ремонта во время контрольных испытаний и сдачи отремонтированной продукции работникам отдела технического контроля предприятия. Для этого сравнивают фактические показатели с нормативными, определенными техническими требованиями на ремонт.

Из числа единичных показателей надежности применительно к оценке качества отремонтированных машин применяются: средний послеремонтный ресурс $\Gamma_{\text{СР}}$; гамма-процентный послеремонтный ресурс $\Gamma_{\text{рТ}}$; среднее число отказов за ресурс и за половину ресурса по группам сложности.

Для оперативной оценки уровня безотказности используют показатели: среднее число отказов I группы сложности за любую одну тысячу моточасов; среднее число отказов II группы сложности за первую и любую последующую тысячу моточасов; среднее число отказов III группы сложности за первую, вторую и третью тысячу моточасов.

Из числа эргономических показателей применяются: значения звукового давления на рабочем месте водителя; усилие на штурвалах, рычагах и педалях управления; концентрация вредных веществ, содержащихся в отработавших газах и в зоне дыхания водителя; наличие остеклений, уплотнений и термогидроизоляции.

Из эстетических показателей используются показатели, характеризующие «товарный вид» отремонтированных изделий: наличие неокрашенных мест, подтеканий краски, наличие некачественных сварочных швов, наличие декоративных деталей, видимых повреждений, заводских табличек, клейм ОТК, пломб и заглушек.

При оценке уровня качества по факторам, характеризующим ремонт, учитывают качество технологической документации, технологического оборудования и оснастки, средств измерений и испытательного оборудования и труда лиц, ремонтирующих изделие.

Качество технологической документации оценивают путем ее полной или выборочной экспертизы по показателям, характеризующим: обеспечение требований, установленных нормативно-технической документацией; обоснованность и полноту установленных планов контроля и испытаний; соответствие номенклатуры технологических документов, их оформления, порядка учета, хранения и внесения изменений требованиям стандартов.

Качество ремонтно-технологического оборудования определяют путем выборочных измерений основных параметров оборудования и оснастки и их сравнения с паспортными данными, а также ознакомления с выполнением графиков технического обслуживания и ремонта этого оборудования.

Качество труда лиц, ремонтирующих изделия, оценивают с помощью: выборочной проверки соблюдения технологической дисциплины по операциям: измерения значений параметров деталей и сбо-

рочных единиц после их ремонта, анализа представленных предприятием данных по внутривозовскому браку и рекламациям, анализа действующих положений, приказов, распоряжений по материальному и моральному стимулированию, ознакомления в цехах и на участках с культурой производства и организацией рабочих мест.

При оценке уровня качества отремонтированных изделий по показателям дефектности используют коэффициент дефектности продукции. Его определяют как среднее взвешенное число дефектов, приходящееся на единицу продукции.

При оценке качества технического обслуживания и текущего ремонта сельскохозяйственной техники используют коэффициент готовности применительно к работе центральных ремонтных мастерских хозяйств или бригад по техническому обслуживанию. Коэффициент готовности может быть определен для наиболее напряженных периодов полевых работ (посев, уборка), за каждый месяц или за год.

В зависимости от стадии производства установлены оценки уровня качества отремонтированных изделий следующих видов: приемочная, текущая, периодическая, типовая и аттестационная.

Приемочная оценка определяется на стадии освоения производства по ремонту машин той или иной марки. По ее результатам делают заключение о готовности предприятия к производству ремонта в соответствии с техническими условиями на ремонт машин этой марки. Текущая оценка необходима для сравнения соответствия показателей качества конкретных изделий заданному уровню качества также по показателям качества.

Периодическая оценка служит для определения стабильности качества во времени по показателям качества отремонтированных изделий и дополнительно по факторам, характеризующим качество ремонта.

Типовая оценка позволяет проверить эффективность изменений, вносимых в технологию ремонта данного изделия, и их влияние на показатели качества: назначения, надежности, безопасности и гигиены труда.

Аттестационная оценка определяет категорию качества, которую следует присвоить продукции. По согласованию с потребителем такая оценка может определяться факторами, характеризующими ремонт, или показателями дефектности отремонтированных изделий.

3.4. Ремонт трансмиссий и ходовой части комбайнов, мобильных энергосредств

Ремонт трансмиссий

Основными деталями трансмиссии машин, подвергающихся изнашиванию, являются корпусные детали, подшипники качения, шестерни, валы, стаканы подшипников, детали планетарных передач.

Шестерни и валы. Шестерни имеют следующие дефекты: износ зубьев по толщине и длине (у шестерен непостоянного зацепления), износ стенок кольцевых пазов в сопряжениях с вилками включения и внутренних посадочных шлицевых или гладких поверхностей, трещины и выкрашивание зубьев.

Допустимые износы зубьев шестерен по толщине при одностороннем износе у тракторов ДТ-75 – 0,25...0,35 мм, предельные 0,70...1,0 мм; у тракторов К-701 соответственно 0,4...0,5 мм и 1,3... 1,5 мм.

Если во время работы зубья парных шестерен находились не в полном зацеплении по длине, то при использовании шестерен для дальнейшей работы образовавшиеся уступы на зубьях необходимо удалить абразивным кругом.

При одностороннем износе зубьев, превышающем допустимую величину, симметричные шестерни могут быть перевернуты или переставлены с одной стороны трактора на другую. У шестерен с несимметричной ступицей, чтобы они могли работать неизношенной стороной, отрезают часть ступицы, а с другой стороны ступицы приваривают соответствующей толщины кольцо. Если переворачивают шестерни непостоянного зацепления, то для обеспечения их нормальной работы (включения) необходимо закруглить торцы зубьев с другой стороны.

При износе зубьев шестерен с торца со стороны включения проводят шлифование торцов до одинаковой длины всех зубьев и закругляют торцы. Допускается укорочение зубьев по длине на 8...10 %. При большей величине торцевого износа зубьев их восстанавливают до номинальной длины наплавкой под флюсом с последующим шлифованием торцов по наружной поверхности и закруглением торцов с помощью электрохимической обработки. Износ зубьев шестерен по боковой поверхности может быть устранен наплавкой с последующей механической обработкой (шлифование зубьев). Наплавку ведут или вдоль зуба (для крупномодульных шестерен), или сразу по всей длине зуба от впадины до вершины зуба. Восстанавливать зубья шестерен одновременно торцевой и боковой поверхностей можно пластической

деформацией (давлением). Для этого вокруг посадочного отверстия со стороны изношенных торцов зубьев наплавляют валик (запас) металла, шестерню нагревают до 1Ю0...1250°С, закладывают в матрицу (форму) и давлением пуансона осаживают и раздают.

При износе шлицев ступицы шестерни ступицу растачивают, запрессовывают новую шлицевую втулку и стопорят ее электросваркой.

Износы стенок кольцевых пазов для вилок переключения у тракторных шестерен допускаются до зазора 1,0...1,2 мм.

Валы силовой передачи имеют следующие характерные дефекты: износ боковой поверхности шлицев и посадочных поверхностей под подшипники качения, изгиб и скручивание.

У шлицевых валов, которые сопрягаются с блочными и несимметричными шестернями, наблюдается неравномерный износ шлицев по длине. В случае замены только одной из деталей сопряжения (шестерни или вала) шестерня будет устанавливаться с некоторым перекосом, при этом будут ускоренно изнашиваться зубья, а также появятся дополнительные осевые нагрузки на подшипники качения.

Неравномерность износа боковой поверхности шлицев по длине, непараллельность оси шестерни или вала как у шестерен, так и у валов более 0,08 мм на 100 мм длины в изношенных местах не допускается. Износы же шлицев по толщине допускаются в значительных пределах (до увеличения зазора против нормального в 8... 14 раз, то есть 1,2...2,3 мм для различных сопряжений силовой передачи).

Перекося шлицев может быть также следствием скручивания вала. При неравномерном износе или перекосе шлицев по длине их стенки выравнивают шлифованием по боковой поверхности. Шлицы, изношенные по боковой поверхности более допустимого, восстанавливают наплавкой. Способ наплавки выбирают в зависимости от размеров шлицев и величины износа. При вибродуговой наплавке или наплавке в защитных газах наплавляют обычно изношенную боковую поверхность шлицев. Наплавку под флюсом ведут либо заплывая впадины, либо вкруговую по винтовой линии.

После наплавки шлицев их фрезеруют по боковой и шлифуют по наружной поверхностям. Затем при необходимости проводят термообработку. Для восстановления толщины шлицев можно использовать способ пластической деформации.

Нагруженные длинные валы трансмиссии могут иметь прогиб и биение, что вызывает усиленный износ шестерен и подшипников. Ве-

личина допустимого биения шлицев 0,05 мм в средней части вала. Изгиб валов устраняют холодной правкой прессом.

Изношенные посадочные поверхности вала под подшипники качения восстанавливают электроимпульсным наращиванием или железнением. При износах более 0,4 мм применяют вибродуговую наплавку или напекание металлических порошков. Концы валов с изношенной резьбой восстанавливают наплавкой с последующей механической обработкой на нормальный размер или проточкой и нарезанием резьбы уменьшенного размера.

Карданные валы. Основными дефектами карданного вала являются износы в шлицевом сопряжении скользящей вилки и карданного вала, цапф крестовины кардана и игольчатых подшипников, отверстий в вилке и во фланце-вилке кардана в сопряжении с игольчатым подшипником. У карданных валов могут быть погнутость, вмятины, нарушение динамической балансировки.

Крестовины кардана восстанавливают вибродуговой наплавкой порошковой проволокой, а затем шлифуют под номинальный размер.

Овальность и конусность шипов крестовины после шлифования допускается не более 0,01 мм, неперпендикулярность 0,1 мм на концах шипов.

Изношенные отверстия под наружные кольца игольчатых подшипников растачивают на токарном или расточном станке и запрессовывают в расточенные отверстия промежуточные втулки.

Изношенные шлицы скользящей вилки восстанавливают обжатием в матрице под прессом с последующим прошиванием протяжкой.

Шлицы вала кардана можно восстанавливать наплавкой.

При прогибе карданного вала в средней части более 0,4 мм его правят в холодную под прессом. Карданные валы после ремонта должны подвергаться динамической балансировке.

Планетарные механизмы. Применяются в механизмах поворота тракторов ДТ-75, ДТ-75М, Т-4, Т-4А и в увеличителях крутящего момента тракторов МТЗ-50, ДТ-75, ДТ-75М. Планетарные механизмы используются и в колесных редукторах тракторов К-700, К-701, Т-150К. В процессе работы у этих механизмов наблюдается износ шеек под ролики игольчатых подшипников у осей сателлитов, износы в соединении ось сателлита – отверстие водила. У солнечной и эпициклической (коронной) шестерен и у сателлитов изнашиваются зубья. Изнашиваются также отверстия под подшипниками у сателлитов.

Изношенные посадочные поверхности под подшипники качения у эпициклической шестерни можно восстанавливать электроимпульсным наращиванием, вибродуговой наплавкой, железнением; у оси сателлита – вибродуговой наплавкой, напеканием металлических порошков, железнением.

Изношенные отверстия под оси сателлитов в водиле могут восстанавливаться ручной или полуавтоматической наплавкой или кольцеванием. Сателлиты с изношенными или поврежденными зубьями, с изношенными отверстиями под ролики игольчатых подшипников выбраковывают.

У коробок передач, редукторов, передачи на вал отбора мощности характерными являются износы валиков и вилок переключения, фиксаторов.

У валиков переключения изнашиваются наружная поверхность, углубления (гнезда) под фиксаторы. Валики можно восстанавливать наплавкой (вибродуговой), железнением. Гнезда фиксаторов заправляют и вновь обрабатывают.

У вилок переключения изнашиваются внутренняя поверхность ступицы и боковые поверхности вилок. Внутренние поверхности вилок восстанавливают рассверливанием и развертыванием с постановкой промежуточной втулки. Изношенные боковые поверхности вилок наплавляют и обрабатывают. Изношенные фиксаторы (обычно шариковые) заменяют. Для коробок передач тракторов К-700 (701) с гидropоджимными фрикционными муфтами характерными дефектами являются коробление дисков трения и фрикционов, износ и задиры их поверхности, поверхности нажимного диска и упорной поверхности внутреннего барабана. Диски с задирами на поверхности и с короблением до 0,4 мм прошлифовывают на плоскошлифовальных станках, а при большем короблении восстанавливают на специализированных предприятиях. Там диски очищают в расплаве солей от маслянисто-смолистых отложений, промывают, собирают в пакеты и правят под прессом, после чего в сжатом состоянии нагревают в термopечи до 1000 С в течение 3 ч, снова сжимают (правят). После этого диски шлифуют (при короблении больше 0,4 мм вновь проводят термическую правку) и подвергают химико-термической обработке (сульфoционированию поверхности).

Корпусные детали. Основными дефектами корпусных деталей являются трещины, изломы и пробойны корпуса, износ посадочных мест под гнезда подшипников или наружные кольца подшипников,

износ установочных штифтов и отверстий под них, повреждение и износ резьбы в отверстиях.

Для устранения трещин, изломов и пробоев применяют холодную электродугую сварку и приварку накладок электродом ЦЧ-4 диаметром 3...4 мм. Сварку ведут способом отжигающих валиков. Для заварки трещин в корпусных чугуновых деталях используют и полуавтоматическую сварку в среде углекислого газа, применяя проволоку Св-08Г2С диаметром 0,8...1,2 мм.

Большую производительность и хорошее качество дает полуавтоматическая сварка чугуновых корпусных деталей самозащитной проволокой ПАНЧ-11 диаметром 1,2 мм.

При ручной газовой сварке используют в качестве присадочного материала чугуновые прутки НЧ-1 для многослойной наплавки и сварки тонкостенных деталей и НЧ-2 – для сварки толстостенных деталей.

В трещине в перемычке между отверстиями под подшипники фрезеруют паз, сверлят отверстия, ставят штифты или скобы и производят сварку способом отжигающих валиков электродом.

При заварке перемычки с резьбовым отверстием его рассверливают, вставляют пробку из малоуглеродистой стали и приваривают ее к корпусу с внутренней стороны электродом ЦЧ-4. После этого пробку просверливают и нарезают в ней резьбу.

При незначительных износах (до 0,2 мм) посадочные отверстия восстанавливают эпоксидными клеевыми составами, при больших износах – местным холодным железнением или постановкой промежуточных колец. Перед железнением посадочные места растачивают для выведения овальности, конусности и удаления верхнего наклепанного слоя металла, пропитанного маслом.

Отверстия под железнение растачивают так, чтобы их диаметр после расточки увеличился при износе до 0,12 мм не более чем на 0,35 мм, при износе от 0,13 мм до 0,25 мм не более чем на 0,60 мм и при износе от 0,25 мм и выше не более чем на 0,80 мм. После железнения отверстия растачивают. При растачивании отверстий коробки перемены передач необходимо выдержать расстояние между осями отверстий, их параллельность между собой и перпендикулярность задней и передней плоскостям корпуса коробки передач. Для обеспечения этих требований отверстия растачивают с применением специальных установочных приспособлений.

Для постановки колец отверстия растачивают до диаметра больше нормального на 6 мм, а кольца изготавливают под посадку с

зазором до 0,01...0,03 мм, с тем, чтобы поставить кольца на эпоксидный клей. Кольца в этом случае делают нормального размера по внутреннему диаметру и последующая их обработка в корпусе не требуется. Овальность отверстий после расточки не должна превышать 0,03 мм, а разностенность устанавливаемых колец 0,02 мм.

Промежуточные кольца могут быть установлены и без клея. В этом случае их изготавливают с наружным диаметром, обеспечивающим постановку с натягом. Окончательная расточка колец под нужный размер в этом случае производится после запрессовки их в корпус.

Изношенные отверстия под подшипники в корпусах задних мостов растачивают под постановку промежуточных колец на горизонтальных расточных станках, применяя кондукторные приспособления.

В последнее время вместо промежуточных колец в посадочные отверстия корпусных деталей приваривают стальную ленту электроконтактным способом на специальных автоматах.

Сборка увеличителя крутящего момента (УКМ). Вначале собирают его сборочные комплекты: нажимной диск муфты сцепления, муфту обгона, планетарный механизм, а затем весь УКМ. При сборке нажимного диска УКМ тракторов ДТ-75 и ДТ-75М отжимные рычаги и их серьги должны быть подобраны по массе в группы из трех штук. Разница в массе каждой группы деталей допускается не более 3 г. Перед постановкой пружины следует проверить на упругость. При нагрузке 650 Н высота пружины должна быть 42 мм. После сборки проверяют сбалансированность диска муфты сцепления и устанавливают концы рычажков УКМ в одной плоскости по шаблонам.

При сборке шести игольчатых подшипников на рабочие поверхности колец наносят слой смазки УС, в каждое кольцо укладывают по 38 роликов и временно для их удержания вставляют технологические втулки.

Комплектовать подшипник кольцами и роликами следует из одной упаковки, так как завод-изготовитель поставляет их по размерным группам. Подбирают три блока шестерен одной комплектности (номер комплектности указан на торце блока) и устанавливают их в водило большим венцом в сторону передней шайбы. Блоки шестерен должны иметь осевое перемещение не менее 0,2 мм, вращаться плавно, без заедания. Собранный корпус муфты обгона устанавливают на ступицу водила.

Статическая несбалансированность водила УКМ в сборе должна быть не более 50 гсм.

Собранное водило устанавливают на подставку шлицевым концом вниз. Каждый блок шестерен ставят так, чтобы метки на наружных торцах малых шестерен совпадали с метками на наружной поверхности водила. Во внутреннюю полость водила вводят ведущий вал, а зубья вала – в зацепление с зубьями больших венцов блоков шестерен.

После общей сборки УКМ регулируют сцепление. Зазор между торцом упорного подшипника и кольцами отжимных рычагов должен быть $4+0,3$ мм.

УКМ обкатывают на специальном стенде на смеси дизельного масла и дизельного топлива в соотношении 1 : 1 в течение 3...5 мин при частоте вращения ведущего вала УКМ ДТ-75 1700 об/мин, а МТЗ-50 и МТЗ-52 – 1200...1600 об/мин.

Сборка коробок передач (КП) производится на сборочных стендах. Простейшие из них представляют подставку с поворотным устройством. Более совершенные снабжены гидронасосом, распределителем и гидроцилиндрами для запрессовки подшипников, стаканов и т. п.

Наиболее сложной является сборка коробок передач тракторов К-700, К-701, Т-150 и Т-150К. Она производится из собранных и испытанных на специальных стендах сборочных комплектов.

Масляный насос обкатывают и испытывают на стенде КИ-1575 при частоте вращения 700 и 2000 об/мин по 3 мин.

Испытывают механизм переключения передач и гидроаккумулятор. Течь масла не допускается. Проверяют действие золотников во всех положениях, давление в полостях.

Ведущий вал испытывают на гидрофицированном стенде при частоте вращения 500...600 об/мин. В процессе обкатки проверяют работу каждого фрикциона и давление масла. Должно быть обеспечено давление масла для каждого фрикциона 0,85...0,95 МПа и давление смазки в пределах 0,10...0,15 МПа. После выключения подачи масла нажимные диски фрикционов должны возвращаться в исходное положение. При неподвижном вале шестерни в сборе должны свободно проворачиваться от руки.

У коробок передач, где на выходе вторичного вала имеется коническая шестерня, при сборке необходимо проверить и отрегулировать

вать вылет торца шестерни вторичного вала относительно привалочной плоскости коробки передач.

Собранные коробки передач обкатывают без нагрузки и с нагрузкой на обкаточных стендах по 5...6 мин на каждой передаче.

Перед обкаткой коробки передач заправляют смесью дизельного масла и дизельного топлива в соотношении 1 : 1, а у тракторов К-700, К-701, Т-150 и Т-150К – дизельным маслом ДС-11.

Для обкатки коробки передач под нагрузкой обычно используют стенды с гидравлическими и электрическими тормозами.

Привод коробки передач на стендах с гидравлическим тормозом осуществляется от электродвигателя, а ее нагружение – изменением проходного сечения вентиля (дресселя), включенного в нагнетательную магистраль насоса типа НИХ. Величину нагрузки оценивают по показаниям манометра.

Стенды с электрическим тормозом подобны стендам для обкатки двигателей.

Коробки передач после сборки обкатывают на стенде на всех передачах без нагрузки в течение 20...25 мин и под нагрузкой на каждой передаче в течение 10...35 мин при 1000... 1500 об/мин ведущего вала. Нагрузку на коробку передач при обкатке создают равной 10...50 % максимального крутящего момента двигателя.

Сборка, регулировка и обкатка задних мостов гусеничных тракторов. Рассматривается на примере трактора Т-4А. При установке солнечной шестерни в стакан запрессовывают две втулки. Затем стакан со втулками устанавливается на солнечную шестерню с зазором 0,12...0,21 мм.

У планетарного механизма особой тщательности требует сборка водила. Необходимо подобрать три комплекта (по 33 штуки) игольчатых роликов. Ролики должны быть одной размерной группы. По размерным группам подбирают и оси сателлитов. В каждое водило следует устанавливать оси сателлитов одной группы.

Внутреннюю поверхность сателлита смазывают солидолом, устанавливают временную технологическую ось и ролики. Водило нагревают до 90...100°С, на технологическую ось надевают шайбы и устанавливают сателлит в паз водила. Затем вместо технологической оси устанавливают ось сателлита.

После сборки водила приступают к сборке планетарного механизма. В приспособление устанавливают шарикоподшипник и ведомую коническую шестерню, ввернув в нее монтажные шпильки. В

шестерню устанавливают корону, а в корону – одно водило ступицей вниз, а второе – ступицей вверх, сверху – второй шарикоподшипник и все вместе спрессовывают.

Сборка заднего моста из комплектов. При сборке задних мостов для запрессовки деталей и комплектов удобно пользоваться гидрофицированным стендом. В корпус заднего моста запрессовывают оси ведущих колес и затем наворачивают гайку, стопорят ось фиксатором, а гайку стопорной пластиной. Планетарный механизм устанавливают в корпус заднего моста конической шестерней влево, с правой стороны временно запрессовывают технологический стакан. С этой же стороны устанавливают и затем запрессовывают стакан в сборе с солнечной шестерней и прокладкой, смазанной лаком «Герметик». При запрессовке надо поворачивать солнечную шестерню за рычаг для совмещения ее зубьев с зубьями сателлитов. Стакан солнечной шестерни закрепляют болтами. Вынув технологический стакан, таким же образом устанавливают правую солнечную шестерню.

Планетарный механизм после сборки должен вращаться легко, без толчков и заеданий.

Далее запрессовывают гнезда подшипников ведущих шестерен конечной передачи. Поставив на солнечной шестерне уплотнения, устанавливают и закрепляют тормозные барабаны солнечных, шестерен и тормозные ленты. Охватив тормозные барабаны лентами, их устанавливают в отсеки заднего моста. Ведущую шестерню конечной передачи в сборе с подшипниками ставят в гнезда в корпусе заднего моста, устанавливая одновременно тормозной барабан на шлицы ведущей шестерни конечной передачи. Далее устанавливают механизм управления тормозами, конечные передачи, коробку передач.

Регулировка зацепления конических шестерен. При установке конических шестерен должно быть достигнуто совпадение вершин и образующих начальных конусов, то есть конусов, образованных начальными окружностями зубьев обеих шестерен. Во время сборки коробки передач при регулировке положения ведомого (вторичного) вала устанавливают определенное расстояние L от торца конической шестерни до обработанной плоскости на задней стенке корпуса коробки передач.

Этим достигают того, что вершины начальных конусов шестерен будут на одной оси (ось вала заднего моста). У трактора ДТ-75, у которого коробка передач и задний мост находятся в общем корпусе, для этого измеряют и регулируют расстояние от торца шестерни вто-

ричного вала до оси вала заднего моста так, чтобы оно равнялось 133 мм. Для проверки этого расстояния используют приспособление, центрирующие диски и контрольный вал которого устанавливают в боковые отверстия корпуса заднего моста. Калибр должен касаться торца шестерни вторичного вала коробки передач.

Правильность вылета малой шестерни можно проверить также по точному совпадению (по длине зубьев) обеих шестерен. После этого регулируют зазор в зацеплении шестерен, изменяя количество прокладок между фланцем короны и ведомой шестерней. В каждом комплекте должно быть одинаковое количество прокладок. Боковой зазор в зацеплении конических шестерен должен быть равен: для ДТ-75 – 0,25...0,50 мм; для Т-4А – 0,15...0,45; для МТЗ-50 (52) – 0,20...0,55; для Т-40А – 0,15...0,50 мм.

Регулировкой зазора одновременно достигается совпадение вершин и образующих начальных конусов шестерен. Допустимый без ремонта зазор 2,0 мм (для Т-4А 2,5 мм). Для замера величины зазора в зацеплении выпускается специальное приспособление с индикатором.

Оценивают правильность зацепления шестерен также по отпечатку. Для этого смазывают тонким слоем краски зубья малой конической шестерни и проворачивают на часть оборота вторичный вал коробки передач. Отпечаток должен занимать не менее 60 % длины зуба в средней его части по высоте, начало его должно быть не далее 2 мм от торца меньшего основания и не ближе 5 мм от торца большего. Допускается отпечаток в виде отдельных пятен: длина пятна – не менее 10 мм и разрыв между пятнами не более 3 мм. Пятно должно занимать не менее 50 % высоты зуба.

Сборка ведущих мостов колесных тракторов. Технология сборки ведущих мостов тракторов К-700, К-701, Т-150, Т-150К примерно одинакова. Сборку производят на конвейерных линиях или специальных стендах из предварительно собранных и отрегулированных сборочных комплектов.

Для обеспечения правильного взаимного расположения при сборке и во избежание раскомплектования на обеих чашках дифференциала промаркированы номера. Чашки при сборке нужно устанавливать так, чтобы номера были одинаковые и расположены рядом. На спирально-конических шестернях также нанесены номера комплектов. Сначала в корпус ведущего моста устанавливают комплект ведущей шестерни. Зазор в подшипниках ведущей шестерни регулируется при помощи прокладок. Величину зазора проверяют в осевом

направлении при помощи приспособления с индикатором, зазор должен быть равен 0,17...0,47 мм для новой пары. Момент сопротивления вращению ведущей шестерни без сальников должен быть равен 60...140 Н·м. Вылет ведущей конической шестерни главной передачи, который регулируют прокладками, должен быть таким, чтобы расстояние от торца внутреннего кольца подшипника до оси дифференциала было равно 120 мм. Проверка производится с помощью приспособления. Устанавливают собранный дифференциал в корпус ведущего моста и закрепляют бугелями.

Регулируют зацепление конических шестерен с помощью регулировочных гаек. Одновременно регулируют зазор в подшипниках дифференциала.

Колесные редукторы собирают на стенде. Ставят цапфу ступицы заднего моста и диск тормоза. На ось ставят уплотнение и ступицу тормозного барабана в сборе с подшипниками, ставят полуось с солнечной шестерней. Собирают планетарный механизм редуктора, ставят тормозной барабан. Аналогично производится сборка трансмиссии К-700 (701) и ряда автомобилей.

У тракторов МТЗ-50 (52), МТЗ-80 (82), где коробка передач крепится к корпусу заднего моста, сборка коробки передач с задним мостом сходна со сборкой трансмиссии гусеничных тракторов.

Регулировка тормозов. У тракторов ДТ-75, Т-4 порядок регулировки тормозов солнечной шестерни и остановочных приблизительно одинаковый. Сначала гайкой полностью затягивают тормозную ленту на барабане, а затем гайку отпускают на 4,5...5,5 оборота (у трактора ДТ-75 гайку отпускают на 8 оборотов) и фиксируют. После этого регулируют зазор между накладками тормозной ленты и барабанами.

У тракторов МТЗ-50 и МТЗ-52 регулировка проводится завертыванием или вывертыванием тяги тормоза так, чтобы ход педали тормоза при усилии 120 Н составлял 80... 100 мм.

Обкатку трансмиссии тракторов проводят с помощью специальных приспособлений или на стендах на всех передачах с номинальной частотой вращения. Сначала трансмиссию обкатывают в течение одной минуты на каждой передаче без заливки смазки. При этом проверяют надежность крепления узлов заднего моста, коробки передач. Затем заливают дизельное топливо во все картеры до нормального уровня, смазывают трущиеся поверхности через соответствующие масленки и обкатывают трансмиссию на каждой передаче последова-

тельно по 5 мин. Во время обкатки не допускаются шумы, течи топлива через уплотнения, нагрев деталей трансмиссии более 50 °С.

После обкатки вместо дизельного топлива заливают масло соответствующей марки до нормального уровня и проводят одноминутную проверку на каждой передаче.

Обкатку трансмиссии тракторов МТЗ-50, МТЗ-80 (82), Т-4А, ДТ-75 проводят обычно на специальных стендах. При обкатке ведущих мостов тракторов К-700 (701), Т-150К, а также ведущих мостов грузовых автомобилей на некоторых стендах нагружение осуществляют путем создания давления в колесных тормозах. В других стендах нагружение создается электротормозом.

Ремонт ходовой части

Основными составными частями ходовой части колесных машин являются: подвеска (рессоры, амортизаторы), рулевой механизм, тормозная система, передние оси или мосты (не ведущие), колеса с пневматическими шинами.

Ремонт рессор и амортизаторов. Наиболее частыми дефектами рессор являются: уменьшение стрелы прогиба, трещины и поломки листов, разрывы центровых болтов, износ втулок, пальцев, серег, срыв или забитость резьбы стремянок. Чаще всего наблюдаются изломы коренных листов у ушков или под стремянками. Листы рессоры, имеющие трещины или изломы, заменяют. Допускается переделка длинных листов на более короткие при такой же толщине.

При уменьшении стрелы прогиба листов рессор их правят на стенде по схеме, изображенной на рисунке. Лист лежит на двух ведущих роликах, которые его перемещают. Необходимую стрелу прогиба задают нажимным роликом, который перемещается винтом. Контроль величины прогиба осуществляется с помощью указателя и шкалы. Лист рессоры автоматически перемещается в обе стороны изменением направления вращения роликов. Правку листов можно проводить и вручную, ударами молотка по вогнутой поверхности. Лист рессоры при этом укладывают на подставку, имеющую выемку соответствующего радиуса.

Рессорные листы, утратившие свою форму, можно также восстанавливать, подвергая их отжигу, гибке по шаблону для придания нужной стрелы прогиба, закалке и отпуску. Осадку и испытание рессор проводят на специальных стендах.

Вместо изношенной или сорванной резьбы стремянки рессоры нарезают вручную уменьшенную резьбу при помощи лерки, установленной в специальную державку, или на токарном станке.

У амортизаторов обычно наблюдаются следующие неисправности: просачивание смазки через сальники, износ втулок проушин и втулок осей рычагов у рычажных амортизаторов, неплотность клапанов, износ поверхностей поршней и цилиндров. Возможно также заедание поршня в цилиндре.

При ремонте амортизатор разбирают и тщательно промывают керосином. Обезличивание поршней не допускается. Изношенную ось рычагов у рычажных амортизаторов шлифуют до выведения следов износа, а втулки развертывают под размер оси. При неплотной посадке клапанов шлифуют их посадочную поверхность или заменяют. Посадочные поверхности гнезд исправляют, затем в зависимости от конструкции клапанов притирают их к гнездам или доводят поверхности клапана и гнезд притиркой на плите. Изношенные поршень и цилиндр заменяют. Возможно восстановление цилиндров притиркой, а Поршней – электролитическими покрытиями. Собранные амортизаторы испытывают, измеряя у рычажных амортизаторов усилие, необходимое для поворота рычага на заданный угол, а у телескопических амортизаторов – для перемещения поршня на определенное расстояние.

Ремонт рулевого механизма. У этих механизмов колесных тракторов и автомобилей наблюдаются трещины, изломы и повреждения резьбы у картеров и их крышек, износы поверхности рулевого вала и вала сошки в месте сопряжения со втулками или подшипниками качения, износ втулок и подшипников, винтовой поверхности червяка, его подшипников, ролика или зубьев сектора сошки, оси ролика и подшипника, повреждение рулевого колеса, износы и нарушения регулировок в гидроусилителях рулевого управления.

Картеры и их крышки при наличии трещин и обломов выбраковывают. Поврежденные резьбы правят метчиком или рассверливают отверстия и нарезают резьбу увеличенного размера. Шейки вала сошки, сопряженные со втулками (у грузовых автомобилей), могут быть шлифованы до выведения следов износов с постановкой втулок с отверстиями уменьшенного диаметра. Шейки вала сошки, сопряженные с подшипниками качения (у тракторов), могут быть восстановлены железнением. У рулевых валов при износе шпоночной канавки фрезеруют новую канавку, смещенную на 90° относительно старой.

Шейки рулевого вала, изношенные в сопряжении с подшипниками (втулками), можно восстановить хромированием или железнением. Сорванную резьбу восстанавливают вибродуговой наплавкой с последующим нарезанием резьбы нормального размера. Рулевые валы и валы сошки, имеющие трещины, скручивание и повреждение шлицев, выбраковывают. Беговые дорожки червяка при износе поверхности под ролики конических подшипников и при наличии на них мелких раковин шлифуют. Изменение размеров конической поверхности компенсируют постановкой регулировочных колец за наружным кольцом подшипника.

При износе торцов ролика червяка их шлифуют до выведения следов износа и при сборке ставят утолщенные упорные шайбы.

Червяки с изношенной винтовой поверхностью, ролики с изношенной внутренней поверхностью и поверхностью сопряжения с червяком, оси и изношенные игольчатые подшипники ролика не восстанавливают и при износах, более допустимых, выбраковывают.

У тракторов зубчатые секторы сошек при износе зубьев и внутренних шлицев заменяют.

Ремонт передних мостов (не ведущих). У автомобилей наблюдается изгиб и скручивание балки передней оси. Такие балки правят под прессом или на специальных стендах, в холодную.

Деформированные и выпрямленные оси контролируют при помощи специального приспособления, схема которого изображена на рисунке.

При изгибе балки передней оси стрелки вилок отклоняются от нулевого положения на шкале, соответствующего нормальному наклону шкворней. Шкалы укреплены на трубах. Труба входит внутрь трубы. Под действием пружины трубы раздвигаются, благодаря чему призмы вилок прижимаются к калибрам-шкворням.

Скрученность оси определяют по шкале. Приспособление настраивают и проверяют по прилагаемому эталону. Например, нормальный продольный наклон шкворня у автомобиля ГАЗ-53А составляет $2^{\circ} 40'$, поперечный наклон – 8° . Изгиб балки в горизонтальной плоскости должен быть не более $\pm 1,5^{\circ}$, в вертикальной плоскости $\pm 30'$, А Допустимые скручивания $\pm 1,5^{\circ}$.

У колесных тракторов Т-25, Т-40, Т-40А, МТЗ-80, где передняя ось представляет собой стальную литую балку, телескопически соединенную с выдвижными трубами поворотных цапф, изнашиваются отверстия под ось качания. Ремонт может быть проведен рассверли-

ванием и развертыванием отверстий под увеличенную ось качания или под промежуточную втулку.

Износы поверхностей в соединении передней балки с выдвижными трубами устраняются расточкой отверстий в балке до выведения следов износа с наращиванием выдвижных труб железнением или вибродуговой наплавкой и последующей механической обработкой.

Остальные дефекты передних мостов колесных тракторов и автомобилей аналогичны.

При износе отверстий в передних балках под шкворни или под втулки вала поворотных цапф их растачивают или рассверливают и развертывают под переходные стальные втулки. Втулки запрессовывают с натягом 0,2 мм, растачивают или рассверливают в сборе с балкой и развертывают под номинальный размер. Балку передней оси устанавливают на стол станка со специальным установочным приспособлением (или кондуктором при сверлении), которое обеспечивает необходимый наклон оси отверстия под шкворень.

Отверстие во втулках под шкворень в поворотной цапфе автомобиля (или втулки в кронштейнах труб передних осей колесных тракторов) совместно развертывают или обрабатывают протягиванием. Несоосность отверстий допускается не более 0,01 мм. Изношенные отверстия под стопорные клинья шкворней развертывают под клинья увеличенного размера. При износе площадок под рессоры их подвергают фрезерованию.

У поворотных цапф изнашиваются посадочные места под внутренние обоймы подшипников, отверстия во втулках под шкворень, резьба под гайку. Для восстановления деталей ходовой части и, в частности, поворотных цапф следует применять железнение или электрохимическую обработку (ЭМО). Таким способом восстанавливают посадочные места под подшипники у поворотных цапф, шкворни, оси качания и т. д.

Поврежденную резьбу на цапфах восстанавливают вибродуговой наплавкой.

У валов поворотных цапф колесных тракторов изнашиваются шлицы. Для восстановления шлицевой конец цапфы протачивают, из стали 45 изготавливают шлицевую втулку, закаливают и напрессовывают ее на поворотную цапфу. Оба конца втулки приваривают к цапфе.

Сферические пальцы, пробки и пружины сочленений рулевых тяг при их износе заменяют. Рулевые тяги, имеющие изгиб, должны быть выпрямлены.

Ремонт тормозных систем. У тормозных систем тракторов и автомобилей наблюдаются следующие основные дефекты: износы поверхностей трения тормозных барабанов или дисков, фрикционных накладок колодок, дисков или лент (в зависимости от конструкции тормоза), шеек тормозных рычагов, осей колодок, пальцев, а также сопряженных с ними отверстий в корпусах и в кронштейнах разжимных кулаков; износы и повреждения цилиндров, поршней, манжет, штоков, диафрагм, клапанов у механического и гидравлического приводов тормозов; повреждения и разрывы шлангов, трубопроводов, неисправности компрессора (К-700, К-701, Т-150К, ЗИЛ-130).

Тормозные барабаны и диски при неравномерном износе рабочей поверхности, сопрягаемой с фрикционными накладками колодок, дисков или лент, или при задирах глубиной более 0,5 мм протачивают на токарном станке до выведения следов износа. Барабан протачивают в сборе со ступицей, установив его в центры станка на конусной оправке. Тормозные барабаны тракторов при зазоре между барабаном и колодками более 3 мм следует восстанавливать расточкой и постановкой промежуточных колец с приваркой их по окружности.

Неплотность прилегания накладок к тормозным колодкам и лентам допускается до 0,5 мм. Накладки тормозных колодок, дисков или лент, изношенные до предельной толщины, а также имеющие другие дефекты (выкрашивания, трещины, отрывы от заклепок), заменяют, приклепывая новые с помощью полых медных заклепок или винтов с гайками (тракторы К-700, Т-150К) или наклеиванием клеем ВС-ЮТ с помощью приспособления. Заклепки ставят головками к накладкам. Неравномерно изношенные и имеющие задиры поверхности тормоза барабана и шкива протачивают. При протачивании между колодкой и фрикционной накладкой устанавливают прокладку, толщина которой должна быть равна половине разности диаметров проточенного и нового барабанов. Приклепанные или приклеенные накладки тормозных колодок для лучшей прилегаемости к барабану следует обтачивать снаружи. После приклепывания и обточки накладок головки заклепок или винтов должны утопать в накладках на 2...3 мм. У работавших накладок головки заклепок должны утопать не менее чем на 0,5 мм. При меньшем утопании заклепки осаживают.

Изношенные оси колодок и разжимных кулаков шлифуют на ремонтный размер либо восстанавливают железнением или вибродуговой наплавкой высокоуглеродистыми проволоками с последующим шлифованием на номинальный или увеличенный размер. Изношенные отверстия в корпусах и кронштейнах развертывают под оси и пальцы увеличенного размера либо рассверливают для постановки промежуточной втулки с отверстием номинального или уменьшенного размера.

У автомобилей и тракторов с пневматическими приводами тормозов основными составными частями пневматических приводов является: компрессор, баллоны, тормозной кран, тормозные камеры колес. Технология ремонта компрессора во многом аналогична ремонту двигателей внутреннего сгорания. Обкатку и испытание компрессора проводят на специальном стенде при частоте вращения вала компрессора 1200...1350 об/мин. Давление подводимого к компрессору масла должно быть 0,12...0,25 МПа при температуре 40...50°C.

При частоте вращения коленчатого вала 1200...1350 об/мин и сообщении баллона с атмосферой через калиброванное отверстие диаметром 1,6 мм манометр должен показывать давление в баллоне не менее 0,58 МПа. Количество масла, вытекающего через сливное отверстие крышки картера компрессора при открытом калиброванном отверстии), должно быть не более 500 г в течение 5 мин.

У комбинированного тормозного крана могут быть следующие дефекты: повреждения диафрагмы, неплотная посадка клапанов, поломка или потеря упругости пружин, износ уплотнений, отсутствие герметичности соединений, нарушение регулировок.

Свободный ход рычага крана и рычага ручного привода, который должен быть 1...2 мм, регулируется болтами.

Рабочий ход штока секции тормозного крана прицепа должен быть не более 5 мм, регулируется болтом. Рабочий ход впускных клапанов устанавливается при помощи прокладок в пределах 2,5...3,0 мм. После сборки проводят испытание тормозного крана на специальной установке. При закрытом вентиле и резком нажатии до отказа на рычаг показания манометра должны возрасти от нуля до показания второго манометра, а на манометре давление должно упасть до нуля. Показания манометров 1 и 2 в течение 1 минуты не должны изменяться. При резком отпуске рычага давление по манометру 2 должно резко упасть до нуля, а по манометру 1 резко подняться до 0,46...0,53 МПа. При иной величине давления проводят регулировку, вращая на-

правляющую штока. Контакты стоп-сигнала должны включаться при давлении 0,019...0,078 МПа, что определяется по контрольной лампе и манометру 2. Предохранительный клапан регулируют на давление 0,87.. .0,92 МПа. Регулятор должен включаться при повышении давления в пневматической системе до 0,68...0,72 МПа, при этом компрессор прекращает подачу воздуха в пневмосистему. При давлении 0,54...0,65 МПа подача воздуха в систему должна возобновиться.

Тормозные камеры с поврежденной диафрагмой заменяют. У тормозных камер регулируют расстояние от корпуса камеры до оси отверстия под палец в вилке штока.

У автомобилей и тракторов с гидроприводом тормозов изнашиваются рабочие поверхности главного тормозного и колесных цилиндров, манжета и поршни. Главный тормозной цилиндр, изношенный более допустимого, растачивают на увеличенный ремонтный размер либо растачивают и запрессовывают в него стальную или чугунную гильзу.

Изношенные тормозные цилиндры колес либо растачивают, либо обрабатывают протяжками. Алюминиевые поршни раздают при помощи пуансона и затем обтачивают, установив на специальную оправку. Поршни цилиндров также успешно восстанавливают заливкой капрона под давлением. При сборке колесных цилиндров увеличенного диаметра между резиновой манжетой и пружиной устанавливают дополнительно изготовленный алюминиевый конус. Этим достигается плотное прижатие манжеты нормального размера к цилиндру.

У главного тормозного цилиндра после сборки вращением гайки толкателя регулируют зазор между толкателем и поршнем (свободный ход толкателя), который должен быть в пределах 1,5...2,5 мм, чему соответствует свободный ход педали у автомобиля ГАЗ-53А от 8 до 14 мм. Собранные цилиндры заполняют тормозной жидкостью и испытывают на специальных стендах или приспособлениях. Плотность сопряжений должна быть обеспечена под давлением 8,7.. .9,8 МПа.

Шланги и трубопроводы тормозных систем, имеющие повреждения, заменяют.

Колеса. Изношенные посадочные места в ступицах колес под наружные кольца подшипников качения восстанавливают местным железнением или расточкой и запрессовкой промежуточных колец, которые затем растачивают на номинальный размер. Трещины в дисках колес заваривают. Изношенные отверстия диска под шпильки за-

варивают, рассверливают и зенкуют. Изгибы обода и диска выправляют. Шпильки колес при наличии дефектов заменяют.

Для устранения вибрации колес после ремонта проводят балансировку их в сборе с шиной на специальных стендах либо на собранном автомобиле. Дисбаланс устраняют перемещением или постановкой и снятием балансировочных грузиков.

Ремонт пневматических шин. В процессе работы (движения) и неправильного хранения у пневматических шин появляются различного рода повреждения и разрушения. К ним относятся: проколы, прорывы и разрезы покрышек и камер; износ и отслоение протектора; отслоение боковин от каркаса; разрыв и оголение проволочного сердечника борта; разрыв нитей и расслоение каркаса; повреждение вентиляей. Кроме этого, у пневматических шин под воздействием солнечных лучей и высокой температуры происходит процесс старения резины – она становится более твердой и хрупкой, покрывается сеткой мелких трещин. При попадании на покрышки или камеры нефтепродуктов резина набухает и теряет механические свойства; при длительном воздействии влаги подгнивают нити корда и др.

Ремонт камер. Ремонту могут подвергаться камеры, имеющие проколы, разрывы, прорезы до величины, допускаемой техническими условиями.

Камеры с явными признаками старения резины (затвердевшая, трескающаяся при изгибе) и пропитанные нефтепродуктами выбраковывают.

Для обнаружения повреждений, незаметных для глаза (проколы), камеры проверяют в ванне с водой. Наполненную воздухом камеру погружают в воду, место прокола определяют по пузырькам выходящего воздуха.

Проколы и разрыв камер обычно ремонтируют наложением заплат из сырой камерной резины либо вулканизированной резины из утильных камер, не имеющей признаков старения или разъедания нефтепродуктами. Проколы и разрывы до 30 мм рекомендуется заделывать заплатами из сырой резины, а более 30 мм – заплатами из вулканизированной резины. На прорывах закругляют ножницами острые углы, придав им овальную форму. Поверхность камеры вокруг повреждения зачищают абразивным кругом на шероховальном станке или вручную рашпилем, скашивая кромки величиной 10...15 мм вокруг повреждения.

Заплату вырезают такого размера, чтобы она на 20...30 мм перекрывала края повреждения. Заплата из выбракованной камеры подвигается шероховке с внутренней стороны.

При заделке повреждения используют резиновый клей различных концентраций: 1:5; 1:8 (отношение массы клеевой резины к массе бензина). Для приготовления клея клеевую резину нарезают кусочками (12x12 мм), засыпают в герметически закрывающуюся тару и заливают бензином сорта «Калоша»; резина набухает в течение 20...24 ч. Затем добавляют бензин до требуемой концентрации и содержимое перемешивают. Срок хранения клея до одного месяца.

С шероховатых поверхностей камеры и заплаты удаляют пыль, промазывают их 2 раза клеем концентрации 1:8 с просушкой после каждой промазки в течение 25...30 мин при температуре 30...40 °С в сушильной камере. После этого накладывают заплату на подготовленный участок и прокатывают роликом от середины к краям. Под заплатой не должно быть воздуха. Место вулканизации припудривают тальком или наносят мыльный раствор. Вулканизацию камер проводят на плите вулканизационного аппарата. Камеру укладывают заплатой на плиту и через деревянную накладку прижимают к плите пинолью. Края камеры не должны быть прижаты к плите. Время вулканизации 15...20 мин, температура 143...145 °С.

Ремонт покрышек. Технологический процесс ремонта покрышек состоит из следующих операций: приемка в ремонт, мойка, дефектовка, вырезание поврежденных мест, сушка, шероховка, заделка повреждений, вулканизация. Не принимают в ремонт покрышки, у которых порван или оголен металлический сердечник борта, резина разрушена нефтепродуктами, а также покрышки с расслоившимся кордом, прелыми нитями корда и состарившейся резиной. Не принимаются в ремонт также покрышки при высоте рисунка протектора менее 20 % номинала у тракторных и 10 % у автомобильных и комбайновых покрышек.

Покрышки моют в моечных машинах или вручную водой и щетками. После мойки покрышки дефектуют и отмечают места повреждений. Для дефектовки покрышек, а также для вырезки мест повреждения и шероховки используют борторасширители.

Крупные повреждения (более 25 мм по диаметру или прямоугольниками размером более 25x50 мм) вырезают. Повреждения меньших размеров только шероховуют. Повреждения вырезают обычно «наружным» конусом при несквозных повреждениях снаружи, внутрен-

ним» конусом при малом повреждении снаружи и большом внутри и «встречным» конусом при сквозном повреждении. После вырезки повреждения проводят сушку покрышки в сушильной камере.

Зашерохованный участок должен выходить за края обрезки на 15...20 мм. Шероховку проводят абразивными кругами с гибким валом, дисковыми фрезами, игольчатыми дисками, рашпилями и т. д. С шероховатой поверхности удаляют пыль.

Для заделки сквозных повреждений изготавливают манжету из выбракованной покрышки. Кромки манжеты скашивают и проводят шероховку ее поверхности. На подготовленные поверхности покрышки и манжеты наносят слой клея концентрации 1 : 8. После полного высыхания (30...40 мин) наносят второй слой клея концентрации 1 : 5 и снова дают просохнуть.

Для заделки повреждений, кроме манжеты, применяют прослоечную и протекторную резину, на которую также наносят клей концентрации 1 : 8. Схема заделки повреждения показана на рисунке.

Заделанное повреждение вулканизируют при температуре 143...145 °С. Время вулканизации от 40 до 180 мин в зависимости от характера повреждения. Вулканизацию проводят как на паровых вулканизационных аппаратах, так и на электровулканизаторах различных моделей аналогично технологии восстановления камер.

На специализированных ремонтных предприятиях у покрышек проводят замену изношенного протектора. Старый протектор срезают и на специальном станке приклеивают к покрышке и прикатывают прослоечную, а затем протекторную резину. После этого покрышку вулканизируют в паровом кольцевом вулканизаторе – в пресс-форме, восстанавливающей рисунок протектора.

3.5. Планово-предупредительная система технического обслуживания уборочных машин

Планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта машин

Сельскохозяйственная техника, оборудование предприятий и электроустановки при использовании и хранении подвергаются воздействию различных силовых факторов, в результате чего изнашиваются и стареют. При этом увеличивается опасность возникновения отказов и нарушается работоспособность изделий. Обычно этому предшествует появление неисправностей, обусловленных изменением

характеристик устройства, отклонением от нормальных режимов их использования. Своевременным устранением причин, вызывающих неисправности, можно предупредить возникновение отказов.

В нашей стране разработана планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта машин. Ее главная цель – поддерживать технику, оборудование и инженерные сети в состоянии полной работоспособности, предупреждать их преждевременный износ и выход из строя за счет комплекса организационно-технических мероприятий, проводимых инженерно-техническими, ремонтными и энергетическими службами в плановом порядке. Внедрение этой системы поможет также совершенствовать организацию технического обслуживания и ремонта, сокращать эксплуатационные затраты.

Планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта представляет собой документ, содержащий концепции, наложения и нормативы инженерного обеспечения работоспособности техники и повышения уровня эффективности ее использования.

Применительно к сельскохозяйственной технике разработана комплексная система технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве. Основная наложенная в ней научная идея состоит в том, чтобы управлять техническим состоянием машин путем обоснованного назначения видов и периодичности технического обслуживания, видов и методов ремонта, критериев предельного состояния, степени восстановления технического ресурса составных частей и продолжительности эксплуатации до списания.

Управление техническим состоянием конкретной машины включает:

- измерение параметров состояния ее составных частей;
- сравнение установленных значений с допускаемыми или предельными величинами;
- определение остаточного ресурса составных частей;
- назначение вида и объема ремонтно-обслуживающих воздействий.

Для измерения параметров состояния используют средства технического диагностирования.

Назначаемые ремонтно-обслуживающие воздействия имеют ряд особенностей. Так, выполнение одних операций носит плановый, строго регламентированный характер. Другие операции выполняют после достижения элементами машины определенного технического состояния. При этом используются три основные стратегии техниче-

ского обслуживания и ремонта: первая (C_1) – по потребности после отказа; вторая (C_2) – регламентированная в зависимости от наработки (календарного времени) по сроку и содержанию ремонтно-обслуживающих воздействий; третья (C_3) – по состоянию, с периодическим или непрерывным контролем.

Две последние стратегии имеют планово-предупредительный характер. Применительно к ним последствия отказов, возникших до назначенного срока проведения ремонтных работ, устраняют по мере необходимости.

Наиболее подходящая стратегия для с/х техники – C_3 . Она включает три варианта, уточняющих порядок контроля и назначения ремонтно-обслуживающих воздействий:

C_3^1 – срок выполнения ремонтно-обслуживающих воздействий жестко не планируется, состояние контролируется периодически по принятым критериям и правилам с учетом производственной ситуации, объем ремонта строго регламентирован;

C_3^2 – то же, но содержание работ не регламентируется, а определяется по результатам диагностирования;

C_3^3 – срок выполнения предварительных ремонтных работ планируется жестко, содержание работ не регламентируется и определяется техническим состоянием по результатам контроля (диагностирования) с учетом производственной ситуации, последствия отказов устраняются по мере их возникновения.

Виды, периодичность и удельные нормативы технического обслуживания и ремонта машин

Система технического обслуживания и ремонта предусматривает следующие виды ремонтно-обслуживающих воздействий, с помощью которых обеспечиваются необходимое техническое состояние машин и их работоспособность в течение всего периода эксплуатации: техническое обслуживание (ТО); текущий ремонт (ТР); капитальный ремонт (КР). Виды и порядок их чередования устанавливаются по каждому типу машин отдельно с учетом различных вариантов стратегий.

Техническое обслуживание машин – комплекс операций по поддержанию работоспособности или исправности машин при их использовании, хранении и транспортировании без восстановления ресурса и замены составных частей машины. Работы носят планово-предупредительный характер и выполняются в обязательном порядке

на протяжении всего периода эксплуатации машины в соответствии с требованиями эксплуатационной документации.

Текущий ремонт машин – вид ремонта, выполняемый для восстановления работоспособности машины путем замены и (или) восстановления отдельных составных частей, исключая базовые элементы (рамы). Его рассматривают в качестве основного способа возобновления работоспособности машин при эксплуатации. Он предусматривает как плановое, так и неплановое выполнение операций.

Капитальный ремонт машин – вид ремонта, выполняемый для восстановления полного (или близкого к полному) ресурса изделия с заменой или восстановлением любых составных частей, в том числе базовых. Различают капитальный ремонт машины и ее составных частей. При капитальном ремонте изделие очищают, разбирают на составные части, дефектуют, ремонтируют (восстанавливают) или заменяют детали, собирают, регулируют, обкатывают, окрашивают и испытывают.

Показатели качества машин, прошедших капитальный ремонт, должны быть на уровне новых изделий (или близко к новым).

Методы технического обслуживания и ремонта машин и оборудования

Из всех методов ТО и ремонта, нашли применение: методы технического обслуживания и ремонта эксплуатирующей и специализированной организациями. При первом методе весь комплекс работ по ТО и текущему ремонту технологического и энергетического оборудования выполняется в хозяйстве, а капитальный ремонт – в хозяйстве или же на специализированном предприятии.

Выбор метода ТО и ремонта зависит от ряда факторов: оснащенности хозяйств технологическим и энергетическим оборудованием, наличия в них ремонтных мастерских и обеспеченности кадрами и удаленности хозяйств от специализированного предприятия.

Основной документ для проведения работ – годовой график ТО и ремонта машин и оборудования, разрабатываемый инженерной службой хозяйства или предприятия по каждой ферме (комплексу).

Исходными данными для его составления служат: парк машин и оборудования ферм (комплексов), число машин и оборудования, подлежащих списанию; число новых машин по маркам, которые поступят в хозяйство в планируемом году; наработка машин в течение года и периодичность ТО основных групп машин и оборудования.

Плановая годовая стоимость запасных частей и материалов определяется как произведение потребности каждого вида ресурсов на их оптовую цену с учетом наценки торгующих организаций и последующим суммированием полученных данных.

При отсутствии общих норм расхода материалов и запасных частей на ТО и ремонт машин и оборудования их плановая годовая стоимость устанавливается по среднегодовым нормам отчислений на запасные части и материалы на ремонтно-эксплуатационные нужды машин и оборудования.

Расчет персонала для ТО и ремонта машин и оборудования. За основу расчета числа работников принята условная единица ТО и ремонта в часах рабочего времени, равная 27. Она считается единой для механического, санитарно-технического, теплотехнического и электротехнического оборудования в животноводстве.

Определение годовой трудоемкости ТО и ремонта (в часах рабочего времени)

$$T_p = 1.5t_0n_0 + 1.5(t_1n_1 + t_2n_2)$$

где: t_0 , t_1 и t_2 – трудоемкости соответственно ЕТО, ТО-1 и ТО-2 в часах рабочего времени; n_0 , n_1 и n_2 – число ЕТО, ТО-1 и ТО-2 в год.

Оценка качества работы подразделения по ТО и ремонту характеризуется следующими основными показателями:

1. повышением производительности труда и приростом продукции по сравнению с достигнутым уровнем за прошедшие пять лет;
2. обеспечением качества произведенной продукции животноводства;
3. выполнением плана комплексной механизации и договорных обязательств по ТО и ремонту техники; обеспечением требуемого уровня готовности техники; снижением материальных и трудовых затрат на ТО и ремонт машин и оборудования.

Прирост производительности труда по сравнению с уровнем, достигнутым за прошедшие пять лет (в %), определяют по формуле

$$\Delta\Pi_T = \frac{\Pi_T - \frac{\sum_{i=1}^n \Pi_{Ti}}{z}}{\frac{\sum_{i=1}^n \Pi_{Ti}}{z}} 100,$$

где: P_T – продолжительность труда в плановом периоде (году); i – индекс при показателях ($i = 1, 2, 3, \dots, n$); P_{Ti} – производительность труда в предшествующем i -м году, принятом для анализа периода; z – число, лет в периоде, принятом для сравнения.

$$\Delta Q = \frac{Q_z - \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{z}}{\frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{z}} 100,$$

где: Q_z – производство продукции животноводства в плановом периоде (году); Q_i – производство продукции животноводства в i -м году

Качество произведенной продукции в животноводстве оценивают показателем качества, который характеризует отношение фактической суммы, полученной от реализации продукции животноводства, к сумме, которую можно было бы получить, если бы весь объем продукции был реализован первым сортом (категорией). Показатель качества произведенной продукции рассчитывают по формуле

$$K_u = \frac{m_1 c_1 + m_2 c_2 + \dots + m_n c_n}{c_1 (m_1 + m_2 + \dots + m_n)}.$$

Плана комплексной механизации животноводства оценивают показателем уровня комплексной механизации (в %)

$$K_M = \frac{M_\phi}{M_\lambda} 100,$$

где: M_ϕ – фактически комплексно механизировано; M_λ – план комплексной механизации

Показатель выполнения договорных обязательств по ТО и ремонту машин и оборудования в животноводстве $K_{Д_0}$ (в %) вычисляют из выражения

$$K_{Д_0} = \frac{D_n - D_u}{D_n} 100,$$

где: D_n – плановые объемы работ по ТО и ремонту в отчетном периоде, руб.; D_u – объемы невыполненных работ, указанных в договоре на отчетный период, руб.

Обеспечение требуемого уровня готовности техники, т. е. качество выполняемых работ и оказываемых услуг по ремонту и ТО, характеризуется коэффициентом технической готовности конкретной машины (линии)

$$K_T = t_p / (t_p + t_0),$$

где: t_p – установленная продолжительность работы машины в рассматриваемом периоде (месяце), ч; t_0 – простой машины по причине отказа в период выполнения технологического процесса в рассматриваемом периоде (месяце), ч.

Показатель изменения материальных и трудовых затрат на ТО и ремонт (в %)

$$P_v = \frac{Z_\phi - Z_n}{Z_n} 100,$$

где: Z_ϕ – фактические затраты на ТО и ремонт, руб.; Z_n – плановые затраты, руб.

3.6. Организация и состав ремонтно-обслуживающей базы хозяйства

Расчет основных параметров ремонтного предприятия

К основным параметрам ремонтного предприятия относятся: программа, выражаемая числом ТО и ремонтов; трудоемкость выполняемых работ в часах рабочего времени; режим работы и фонды времени; такт производства, продолжительность пребывания машин в ремонте и фронт ремонта; число рабочих мест, рабочих, оборудования и площадей.

Методы определения годовой программы ремонта сельскохозяйственной техники. Годовую программу ремонта тракторов, автомобилей, комбайнов и сельскохозяйственных машин хозяйства составляют на основании расчета числа видов и сроков проведения ремонтов и сложных технических обслуживании по машинам каждой марки. Исходными данными для составления расчетов служат:

- плановая загрузка данной машины согласно годовому производственному заданию механизированной бригады хозяйства;
- наработка машины со времени последнего капитального или текущего ремонта (если последним был текущий) до начала планируемого года;
- техническое состояние машин;

- межремонтная наработка машин.

Число ремонтов машин (производственную программу) можно определить одним из следующих способов: аналитическим, графическим и табличным.

Аналитический способ учитывает зависимость между плановой загрузкой машин и их межремонтными наработками. Зависимость выражается следующими формулами.

Число капитальных ремонтов данной марки машины

$$N_K = (W_r + W_k) / M_k,$$

где W_r – плановая годовая загрузка машины (для тракторов в у. э. га, мото-ч или кг израсходованного топлива, для комбайнов в га убранной площади, для автомобилей в км пробега); W_k – наработка машины от последнего капитального ремонта (единицы измерения те же); M_k – межремонтная наработка до капитального ремонта машины данной марки (единицы измерения те же).

Число текущих ремонтов для машины данной марки

$$N_T = (W_r + W_T) / M_T,$$

где W_T – наработка от последнего текущего ремонта (единицы измерения те же); M_T – межремонтная наработка до текущего ремонта (единицы измерения те же).

Число технических обслуживания для машин данной марки

$$N_3^{TO} = (W_r + W_3^{TO}) / M_{T3}^{TO},$$

где W_3^{TO} – наработка от последнего ТО-3 (единицы измерения те же); M_{T3}^{TO} – межремонтная наработка до обслуживания ТО-3 (единицы измерения те же).

Число ТО-2 для машин данной марки

$$N_2^{TO} = ((W_r + W_2^{TO}) / M_{T2}^{TO}) - N_k - N_T - N_3^{TO},$$

где W_2^{TO} – наработка от последнего ТО-2 (единицы измерения те же); M_{T2}^{TO} – межремонтная наработка до обслуживания ТО-2 (единицы измерения те же). Число ТО-1

$$N_1^{TO} = ((W_r + W_1^{TO}) / M_{T1}^{TO}) - N_k - N_T - N_3^{TO} - N_2^{TO},$$

где W_1^{TO} – наработка от последнего ТО-1 (единицы измерения те же); M_{T1}^{TO} – межремонтная наработка до обслуживания ТО-1 (единицы измерения те же).

Вычисленное число ремонтов округляют до ближайшего целого числа в меньшую сторону, т. е. принимается только целая часть числа.

Суммируя полученные расчетные данные, находят годовое число ремонтов машин.

Графический способ определения числа ремонтов заключается в следующем. По оси абсцисс откладывают в масштабе время (в кварталах года), а по оси ординат – наработку и отмечают виды ремонта. Плановая загрузка машин поквартально равна (в %): I – 10... 15, II – 30...35, III – 40...45 и IV – 10...15. В результате получают ломаную линию, изображающую наработку машины за весь год нарастающим итогом. Пользуясь графиком, определяют срок постановки машины в ремонт или на ТО.

Табличный способ определения числа ремонтов заключается в следующем. Для каждой машины устанавливают наработку с момента проведения последнего ремонта. Нужные данные обычно берут из паспорта машины. Затем годовую плановую нагрузку машины распределяют по месяцам года. Прибавляя плановую нагрузку каждого месяца к наработке от последнего капитального ремонта, получают суммарную наработку для машины в течение года. В соответствии с периодичностью ТО и ремонтов устанавливают время для соответствующего ТО и ремонта. Полученные данные заносят в таблицу.

Пользуясь одним из перечисленных выше способов, необходимо иметь в виду, что рассчитанные сроки постановки машины в ремонт могут быть сдвинуты в сторону увеличения наработки в зависимости от технического состояния данной машины. При постановке машины в ремонт необходимо тщательно осматривать ее для определения технического состояния.

Методы нахождения и распределения трудоемкости ремонтных работ. Для выполнения годовой программы затрачивается определенное рабочее время. Зная программу ремонта машины данной марки и трудоемкость ее ремонта (T_M), вычисляют суммарную трудоемкость ремонтного предприятия.

При разномарочном составе ремонтируемых машин суммарная трудоемкость складывается из трудоемкости ремонта машин различных марок

$$T_{\Sigma} = T_1N_1 + T_2N_2 + \dots + T_iN_i,$$

где T_1, T_2, \dots, T_i – трудоемкости ремонта машин различных марок;
 N_1, N_2, \dots, N_i – программы ремонта машин различных марок.

Если известны коэффициенты приведения а трудоемкостей ремонта различных марок к трудоемкости T_X ремонта базовой модели, то суммарную трудоемкость можно получить так:

$$T_{\Sigma} = N_1\alpha_1 + N_2\alpha_2 + \dots + N_i\alpha_i,$$

где

$$\alpha_1 = T_1 / T_1; \alpha_1 = T_2 / T_1; \alpha_i = T_i / T_1.$$

Трудоемкость ремонтных работ не является постоянной величиной и зависит от технического состояния поступающего ремонтного фонда, концентрации ремонтных работ и оснащения ремонтного предприятия оборудованием, инструментом и приспособлениями. Чем выше уровни концентрации ремонтных работ на одном предприятии и механизации, тем меньше затрат труда требуется на производственную программу, ремонта.

Результаты расчетов сводят в таблицу. В календарном плане указывают также все другие дополнительные виды запланированных работ по самообслуживанию предприятия.

Для мастерских по ремонту машинно-тракторного парка дополнительные работы в процентном отношении от трудоемкости основных составляют: по ремонту оборудования – 8, восстановлению и изготовлению деталей – 5, по ремонту и изготовлению инструмента и приспособлений – 3, работы по обслуживанию животноводческих ферм – 10 и прочие – 10...15 от трудоемкости ремонта машинно-тракторного парка (МТП).

Производственную программу ремонтного предприятия выражают не только в физических единицах, но и приводят для сопоставления к условным ремонтам или к денежному учету.

За единицу условного ремонта принимают ремонт трудоемкостью 300 ч рабочего времени для мастерской общего назначения.

Число условных ремонтов для мастерской общего назначения определяют по формуле

$$N_{\Sigma}^y = \frac{T_{\Sigma}}{300k_y},$$

где k_y – поправочный коэффициент, который зависит от производственной программы.

Расчет числа ремонтов и технических обслуживаний.

Трудоемкость ремонтов и ТО

Техническое обслуживание тракторов в сельском хозяйстве проводят в соответствии с ГОСТ 20793-2009 «Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание».

Техническое обслуживание при транспортировании должно проводиться при подготовке тракторов к транспортированию и после транспортирования в объеме, указанном в технической документации предприятия-изготовителя. Как правило, техническое обслуживание после транспортирования совмещают с подготовкой трактора к эксплуатационной обкатке в предусмотренном обкаткой объеме.

Правилами технического обслуживания тракторов и самоходных шасси установлены следующие виды технического обслуживания:

- ежесменное техническое обслуживание (ЕТО), которое проводят в начале смены через 8...10 ч работы;
- первое техническое обслуживание (ТО-1) проводят через 60 моточасов;
- второе техническое обслуживание (ТО-2) проводят через 240 моточасов;
- третье техническое обслуживание (ТО-3) проводят через 960 моточасов;
- сезонное техническое обслуживание (СТО) проводят при переходе к весенне-летним и осенне-зимним условиям эксплуатации;
- техническое обслуживание в особых условиях использования.

ГОСТ 20793-2009 допускает периодичность технического обслуживания тракторов в условиях эксплуатации по количеству топлива, израсходованного трактором при средней его загрузке.

Для технического обслуживания машинно-тракторного парка в хозяйствах создают такие специализированные звенья:

- проведения планового технического обслуживания тракторов, комбайнов и сельскохозяйственных машин;
- диагностики технического состояния машин без разборки;
- устранения неисправностей и отказов машин в условиях эксплуатации;
- заправки машин нефтепродуктами;
- организации хранения машин.

Годовую программу ремонта тракторов, автомобилей, комбайнов и сельскохозяйственных машин хозяйства составляют на основа-

нии расчета числа видов и сроков проведения ремонтов и сложных технических обслуживании по машинам каждой марки. Исходными данными для составления расчетов служат:

- состав и численность парка с/х техники хозяйства;
- плановая загрузка данной машины согласно годовому производственному заданию механизированной бригады хозяйства;
- наработка машины со времени последнего капитального или текущего ремонта (если последним был текущий) до начала планируемого года;
- техническое состояние машин;
- межремонтная наработка машин.

При определении числа ремонтов и ТО учитываем виды и периодичность технических обслуживаний тракторов и с/х машин согласно ГОСТ 20793-2009.

Число ремонтов машин (производственную программу) можно определить одним из следующих способов: аналитическим, графическим или табличным.

Аналитический способ учитывает зависимость между плановой загрузкой машин и их межремонтными наработками. Зависимость выражается следующими формулами.

Число капитальных ремонтов каждой марки машины:

$$N_k = (W_z + W_k) / M_k,$$

где N_k – плановая годовая загрузка машины (для тракторов в у. э. га, мото-ч или кг израсходованного топлива, для комбайнов в га убранной площади, для автомобилей в км пробега);

W_k – наработка машины от последнего капитального ремонта (единицы измерения те же);

M_k – межремонтная наработка до капитального ремонта машины данной марки (единицы измерения те же).

Число текущих ремонтов для машины каждой марки определяют как:

$$N_T = (W_z + W_T) / M_T,$$

где W_T – наработка от последнего текущего ремонта;

M_T – межремонтная наработка до текущего ремонта машины (единицы измерения те же).

Число технических обслуживаний (ТО-3) для машин каждой марки:

$$N_3^{TO} = \frac{(W_2 + W_3^{TO})}{M_3^{TO}},$$

где W_3^{TO} – наработка от последнего ТО-3 (единицы измерения те же);
 M_3^{TO} – межремонтная наработка до обслуживания ТО-3.

Число ТО-2 для машин данной марки определяют по формуле:

$$N_2^{TO} = \frac{(W_2 + W_2^{TO})}{M_2^{TO}} - N_k - N_T - N_3^{TO},$$

где W_2^{TO} – наработка от последнего ТО-2 (единицы измерения те же);
 M_2^{TO} – межремонтная наработка до ТО-2 (единицы измерения те же).

Число ТО-1 для машин данной марки определяют по формуле:

$$N_1^{TO} = \frac{(W_2 + W_1^{TO})}{M_1^{TO}} - N_k - N_T - N_3^{TO} - N_2^{TO},$$

где W_1^{TO} – наработка от последнего ТО-1 (единицы измерения те же);
 M_1^{TO} – межремонтная наработка до ТО-1 (единицы измерения те же).

Вычисленное число ремонтов округляют до ближайшего целого числа в меньшую сторону, принимая только целую часть числа. Учитывают, что рассчитанные сроки постановки машины в ремонт могут быть сдвинуты в сторону увеличения наработки в зависимости от технического состояния данной машины.

Расчет числа рабочих мест производственных рабочих, оборудования и площадей предприятия по ремонту и ТО с\х техники. Расчет числа производственных рабочих и другого персонала

Число производственных рабочих и распределение их по профессиям определяют расчетным путем в зависимости от объема и вида предстоящих работ по формуле:

$$P = T_r / \Phi,$$

где P – число производственных рабочих какой-либо профессии, чел.; T_r – годовая трудоемкость какого-либо вида работ, чел.-ч; Φ – годовой фонд времени работы рабочего данной профессии, ч.

При расчете числа рабочих различают списочный и явочный составы.

1. Списочный состав производственных рабочих $R_{СП}$ определяют по действительному фонду времени рабочих Φ_D :

$$R_{СП} = T_G / \Phi_D.$$

2. Явочный состав производственных рабочих $R_{ЯВ}$ определяют по номинальному фонду времени рабочих Φ_H :

$$R_{ЯВ} = T_G / \Phi_H.$$

Списочный состав рабочих используют для расчета всего состава работающих в мастерской и площадей бытовых помещений. По явочному составу определяют количество рабочих мест на участке или в отделении.

Расчет и подбор оборудования

На основании обобщения передового опыта использования и систематизации оборудования ЦРМ разработаны таблицы оборудования, приспособлений и инструмента, необходимых для мастерских хозяйств в зависимости от наличия тракторного парка.. Используя этот перечень, разрабатывают необходимое количество оборудования и оснастки для проектируемой мастерской с учетом обеспечения выполнения всех видов работ.

Расчет моечных машин и оборудования

Число машин для очистки сборочных единиц и деталей определяют по плану загрузки мастерской. Если план загрузки не равномерный, то потребность в моечных машинах определяют по наиболее загруженному кварталу или другому периоду работы мастерской, а если мастерская в течении года загружена равномерно, то число машин определяют по годовому объему очистительных работ и по годовому фонду времени работы очистительных машин.

$$N_{ОМ} = Q / (\Phi_{ДО} \cdot q_{ч} \cdot K_{ЗМ}),$$

где $N_{ОМ}$ – количество машин, необходимых для мастерской, шт.;

Q – суммарная масса сборочных единиц и деталей, подлежащих очистке на планируемый период (год, квартал), т;

$\Phi_{ДО}$ – действительный фонд времени работы машины за планируемый период (год, квартал) с учетом числа смен, ч;

$q_{ч}$ – часовая производительность машины, т/ч;

$K_{ЗМ}$ – коэффициент, учитывающий степень загрузки и использования машины по времен (принимают равным 0,6...0,7).

Расчет количества металлорежущих станков

В мастерских хозяйств используют в основном универсальные станки и число их определяют по трудоемкости станочных работ:

$$N_{СТ} = T_{СТ} / (\Phi_{Д.СТ} \cdot K_{З.СТ}),$$

где $N_{СТ}$ – число станков, шт.; $T_{СТ}$ – общая годовая трудоемкость станочных работ, ч; $\Phi_{Д.СТ}$ – действительный годовой фонд времени работы станка с учетом числа рабочих смен, ч; $K_{З.СТ}$ – коэффициент загрузки станка по времен (принимают равным 0,60).

Расчет оборудования для сварочных и наплавочных работ

Количество сварочного оборудования для мастерских хозяйств, как правило, не рассчитывают. При необходимости общее число единиц сварочного и наплавочного оборудования рассчитывают по формуле:

$$N_{СТ} = T_{Н} / (\Phi_{ДО} \cdot K_{Н.}),$$

где $N_{СТ}$ – число сварочного и наплавочного оборудования, ед.; $T_{Н}$ – суммарная (годовая) трудоемкость сварочно-наплавочных работ, ч; $\Phi_{ДО}$ – действительный годовой фонд времени работы сварочно-наплавочного оборудования с учетом числа рабочих смен, ч; $K_{Н.}$ – коэффициент, учитывающий использование этого оборудования (принимают равным 0,70 – 0,80).

Расчет технологического оборудования и числа рабочих мест

В мастерских хозяйств преобладает стационарная форма организации всех видов работ. Такая форма организации работ характеризуется тем, что все работы по выполнению определенных операций технического обслуживания или текущего ремонта какой-либо машины выполняются на одном неподвижном месте (стенде) одним или группой рабочих (бригадой). Количество рабочих мест на ремонтно-монтажном участке или другом подразделении определяют по формуле:

$$N_{РМ} = T_{РМ} / (\Phi_{ДР} \cdot P),$$

где $N_{РМ}$ – число рабочих мест, шт.; $T_{РМ}$ – суммарная трудоемкость операций, выполняемых на рабочем месте за планируемый период (год, квартал), ч; $\Phi_{ДР}$ – действительный фонд времени работы рабочего места за планируемый период (год, квартал) с учетом числа смен, ч; P – число рабочих, одновременно работающих на данном рабочем месте (принимают 2 или 3 человека).

Расчет площадей мастерской

На ремонтных предприятиях условно различают производственную и вспомогательную площади. К производственной площади относят площадь, занимаемую производственными участками, рабочими местами. В том числе верстаками, стендами, приспособлениями, подъемно-транспортным оборудованием, машинами, сборочными единицами и деталями, рабочими зонами, проходами и проездами, кроме магистральных проездов. К вспомогательной площади относят помещения конторы, санитарно-бытовые, складов, кладовых, отдела главного механика и др.

Производственные площади рассчитывают несколькими способами. Для этого расчета используют формулу:

$$F_{уч} = F_{об} \cdot K,$$

где $F_{уч}$ – площадь участка или другого подразделения мастерской, м²; $F_{об}$ – суммарная площадь пола, занятая оборудованием и объектами ремонта, если объекты занимают отдельную площадь в рассчитываемом подразделении, м²; K – переходной коэффициент, учитывающий рабочие зоны, проезды и проходы.

Технологическое оборудование ремонтно-монтажного участка ЦРМ

На рис. 3.15 показан стенд для разборки и сборки кареток подвески тракторов. Стенд оборудован механическим гайковертом, приводимым в движение электродвигателем, силовым и подъемным гидроцилиндрами, поворотным столом и подъемным устройством. Каретки устанавливаются на поворотный стол 15 и закрепляются откидными кронштейнами 2. Для снятия пружины поворотный стол устанавливают вдоль продольной оси стенда так, чтобы закрепленная каретка была обращена внешним балансиром к силовому гидроцилиндру. Затем откидные кронштейны поднимают в вертикальное положение и закрепляют гайками. Силовой гидроцилиндр поднимают в верхнее положение и фиксируют специальным пальцем. Приспособление для снятия и установки пружины вставляют в паз чашки внутреннего балансира так, чтобы Т-образный захват вошел в паз и уперся в торец пружины. При помощи чеки штока силового гидроцилиндра соединяют с тягой приспособления, закрепляют ограждение 3 пружины и штоком сжимают пружину до его выхода из чашки внутреннего балансира. Подъемником 8 пружину поднимают до выхода над чашкой балансира, расслабляют ее и снимают.

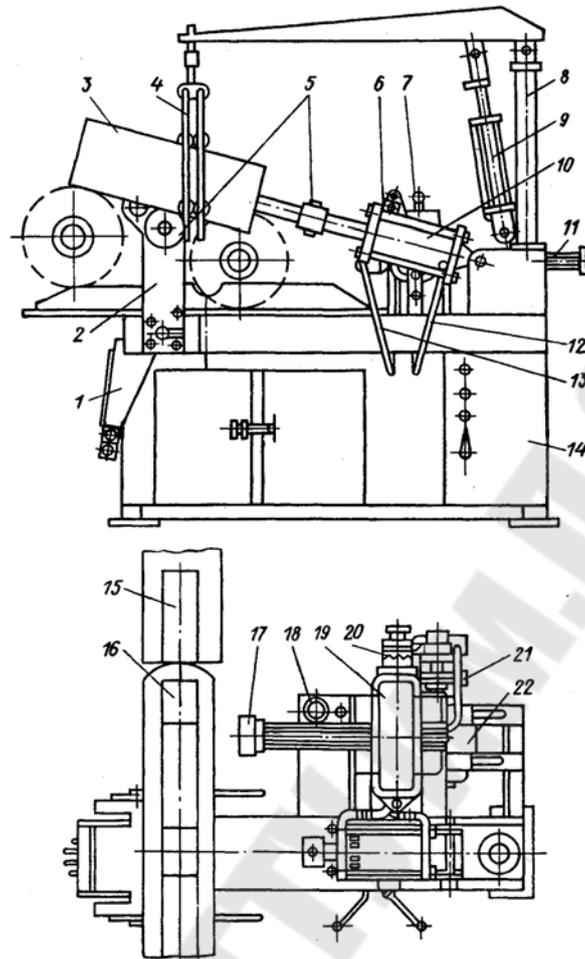


Рис. 3.15. Стенд для разборки и сборки кареток подвески тракторов
 1 – упорный кронштейн; 2 – откидные боковые кронштейны; 3 – ограждение;
 4 – схватка подъемного устройства; 5 – приспособление для снятия и установки пружин кареток; 6, 10 – силовой гидроцилиндр; 7 – рукоятки гайковерта; 8 – подъемное устройство; 9 – гидроцилиндр подъемного устройства; 11 – вал гайковерта; 12, 13 – рукоятки гидрораспределителя; 14 – станина; 15 – стол; 16 – поворотный стол; 17 – головка вала гайковерта; 18 – бак для масла; 19 – регулятор гайковерта; 20 – храповая муфта; 21 – приводной шкив; 22 – электродвигатель

Стенд для проверки водяных насосов, показанный на рис. 3.16. На стенде проверяются на работоспособность все тракторные водяные насосы как до, так и после ремонта. Стол I имеет сварную конструкцию, швеллеры (№ 16-18) образуют станину, на которой с одной стороны приварена плита 4 толщиной 20 мм с четырьмя отверстиями под болты для крепления электродвигателя 5 мощностью 2,7 кВт, частотой вращения 1450 мин^{-1} , а с другой – бак 15 на 20...25 л воды. К баку приварены два штуцера: на нижний навинчен запорный вентиль с гофрированным шлангом 17 для подачи воды из бака к патрубку испытываемого насоса, на верхний надевают резиновый шланг 14

и к нему присоединяют запорный кран 13 и штуцер 12. По шлангу 14 вода возвращается от насоса в бак. Электродвигатель приводит в движение насос через муфту 6, резиновую промежуточную шайбу 7 и фланец 9, отверстия которого должны совпадать с отверстиями шкива насоса для крепления лопастей вентилятора. Через эти отверстия фланец муфты крепится болтами к шкиву насоса.

Таким образом, создается полужесткая муфта. Во время работы она закрывается откидным предохранительным кожухом 8, шарнирно присоединенным к основанию. Продолжительность испытания насоса на стенде 10...15 мин, для чего открывают краны 13 и 16.

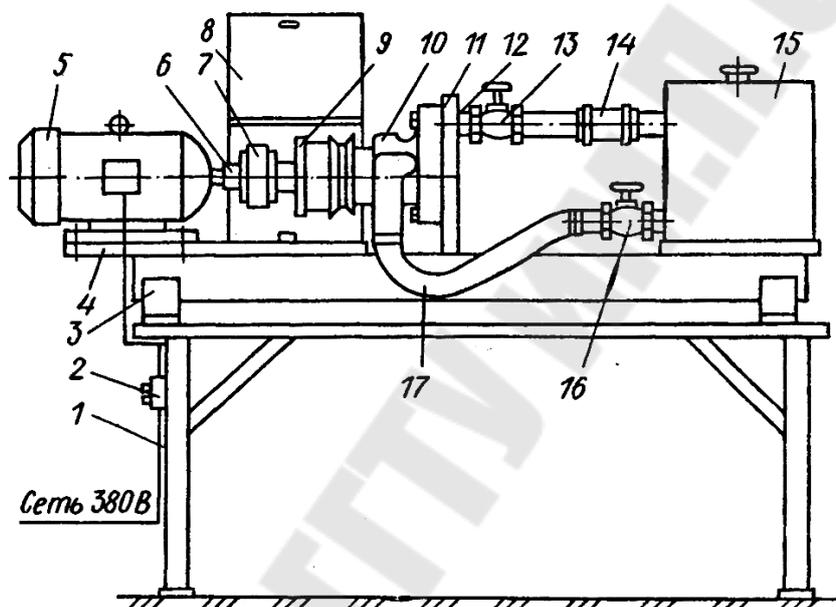


Рис. 3.16. Схема стенда для проверки водяных насосов

1 – стол; 2 – кнопочная станция; 3 – основание; 4 – опорная плита; 5 – электродвигатель; 6 – муфта; 7 – промежуточная шайба; 8 – откидной кожух; 9 – фланец; 10 – насос; 11 – вертикальная плита; 12 – штуцер; 13, 16 – запорные краны; 14 – резиновый шланг; 15 – бак; 17 – гофрированный шланг

Состав ремонтно-обслуживающей базы хозяйства

Состав ремонтно-обслуживающей базы любого хозяйства зависит от количества тракторов и автомобилей в хозяйстве, а также от удаленности земельных угодий и подразделений (отделений, бригад и т.п.) от центральной усадьбы хозяйства. При этом необходимо учитывать, что в хозяйствах с количеством тракторов до 60 единиц на центральной усадьбе находятся все подразделения хозяйства, т. е. вся техника хранится на центральном машинном дворе, а в хозяйствах с количеством тракторов от 60 до 90 единиц на центральной усадьбе находится хозяйственный центр только одного подразделения (отде-

ления или бригады), а другие подразделения имеют свои ремонтно-обслуживающие базы (пункты технического обслуживания) за пределами центральной усадьбы. В хозяйствах с количеством тракторов 100 и более каждое подразделение (бригада, отделение и др.) имеет свои ремонтно-обслуживающие базы за пределами центральной усадьбы.

В настоящее время для предприятий сельского хозяйства рекомендуется ремонтно-обслуживающая база типов: А, Б, В. Все три типа имеют на территории базы четыре технологических сектора.

В секторе технического обслуживания и ремонта техники располагается центральная ремонтная мастерская (ЦРМ), площадки, а при необходимости и отдельные помещения для сельскохозяйственных машин, материально-технический склад и площадка или помещение для мойки машин.

В секторе длительного хранения машин, называемом машинным двором, располагаются площадки, навесы и закрытые помещения (гаражи) для хранения машин, сменных частей, оборудования и других целей. На машинном дворе хранят также новые и разбирают списанные машины и располагают машины, подлежащие ремонту в ЦРМ.

В секторе межсменной стоянки машин, технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей располагаются открытые площадки и отапливаемые гаражи. Размеры и структура этого сектора зависят от того, где размещается база подразделений хозяйства. В этом секторе может размещаться техника подразделений хозяйства, специализированных отрядов и других механизированных подразделений.

В секторе хранения и выдачи нефтепродуктов располагаются нефтесклад и посты заправки машин.

Кроме четырех технологических секторов, на ремонтно-обслуживающей базе размещают служебно-бытовые здания.

Ремонтно-обслуживающая база типа А рекомендуется для крупных хозяйств и предприятий, имеющих от 75 до 200 тракторов, у которых все подразделения имеют свою базу вне центральной усадьбы.

Ремонтно-обслуживающая база типа Б рекомендуется для хозяйств и предприятий, имеющих от 50 до 100 тракторов, у которых одно из подразделений (бригада, отделение) базируется на центральной усадьбе.

Ремонтно-обслуживающая база типа В рекомендуется для хозяйств, имеющих от 25 до 75 физических единиц тракторов, у которых все подразделения базируются центральной усадьбы.

Как уже отмечалось, в состав ремонтно-обслуживающей базы всех типов входят: центральная ремонтная мастерская, автомобильный гараж с профилакторием, машинный двор и нефтесклад с постами заправки.

Центральная ремонтная мастерская предназначена для проведения технического обслуживания и текущего ремонта техники и оборудования хозяйства. Размеры мастерской и ее состав зависят от числа тракторов и объема ремонтно-обслуживающих работ.

Автомобильный гараж с профилакторием предназначен для проведения технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей. При разработке состава ремонтно-обслуживающей базы необходимо указать номер выбранного типового проекта автогаража.

Машинный двор предназначен для хранения машин, оборудования и снятых составных частей, выполнения технического обслуживания машин при их хранении, сборке, опробовании и обкатки новых машин, разборки и дефектации деталей списанных машин, а также для комплектования и регулировки машинно-тракторных агрегатов.

В состав машинных дворов входят:

- площадка с эстакадой для наружной очистки машин;
- эстакада для погрузочно-разгрузочных работ;
- площадка для разборки и дефектации списанной техники;
- гаражи, сараи, навесы, площадки (с твердым покрытием и профилированным) для хранения техники и оборудования;
- площадки для сборки и регулировки машин, а также для комплектования машинно-тракторных агрегатов;
- склад для хранения снятых с машин составных частей;
- площадка и оборудование для нанесения антикоррозионных покрытий;
- помещение для оформления и хранения документов.

Нефтесклад с постами заправки предназначен для приема, хранения и отпуска всех нефтепродуктов, необходимых для работы машинно-тракторного парка.

Участок ремонта сельскохозяйственных машин ЦРМ

Ремонт сельскохозяйственных машин, агрегатов и орудий выполняется в центральных ремонтных мастерских, ремонтных мастерских машинного двора, в мастерских и на площадках отделений и

бригад в зависимости от объема, степени сложности работ и периода их выполнения. Все неисправности и поломки, возникающие в процессе эксплуатации машин в период их работы в поле, должны устраняться по возможности немедленно, поэтому ремонт производят, как правило, на месте их эксплуатации или в мастерских пункта технического обслуживания.

Сложные ремонты комбайнов выполняются на ремонтно-монтажном участке ЦРМ, причем в последних типовых проектах мастерских предусматриваются отдельные линии для ремонта комбайнов и для ремонта тракторов.

На ремонтно-монтажном участке осуществляются разборка и общая сборка самоходных комбайнов. Снятые с них двигатели ремонтируют на участке текущего ремонта двигателей, а отдельные узлы – на участке ремонта сельскохозяйственных машин.

Близкое расположение к этому участку кузницы позволяет быстро устранять такие дефекты, как коробление рам и брусьев, прогиб валов, ослабление заклепочных соединений и т.д. На участке проводятся работы, требующие для своего выполнения закрытого помещения: ремонт коробок передач, вариаторов, барабанов, подбарабаний, транспортеров, шнеков, мостов, элеваторов, наклонных камер, соломотрясов, режущих аппаратов и т. п.

Технологическое оборудование участка

На участке предусмотрены стенды для ремонта, испытания и обкатки узлов комбайнов. Молотильные комбайны проходят статическую и динамическую балансировку, коробки передач и задние мосты – обкатку, для чего используется соответствующее оборудование. Применяемые при ремонте комбайнов стенды приведены при описании ремонтно-монтажного участка. Переклепка планок транспортеров, вкладышей пальцев и сегментов ножей жаток комбайнов и косилок, а также многие другие работы выполняются с применением простых приспособлений, изготавливаемых, как правило, в мастерских своими силами.

Участок ремонта сельскохозяйственных орудий ЦРМ

В зависимости от организационной структуры хозяйства, размеров его территории, числа отделений (бригад) и места их расположения ремонт сельскохозяйственных орудий может быть организован по-разному. Наиболее прогрессивной формой хранения техники является размещение ее на машинном дворе, где производится ремонт сельскохозяйственных орудий силами и средствами персонала машинного двора, его ремонтной мастерской и с частичным участием ЦРМ.

3.7. Приемка объектов в ремонт и на хранение

Подготовка машины к ремонту

В подготовку входят промывка системы охлаждения и наружная очистка машины. Промывка системы охлаждения служит для удаления загрязнений из системы водяного охлаждения, что позволяет восстановить эффективность ее работы и сократить непроизводительный расход топливосмазочных материалов. К наиболее распространенным способам удаления накипи относят очистку щелочными или кислыми моющими растворами. Для этого систему охлаждения заполняют щелочным или кислым раствором, который способствует разложению накипи.

Наружная очистка – весьма трудоемкая операция. Ее выполняют не только перед отправкой или постановкой машины на ремонт, но и перед проведением ТО и ее постановкой на хранение.

Машины очищают струей воды или раствора под напором до 1,8 МПа. Для этого используют моечные установки М-1100, М-1110, М-1112, М-107 и ОМ-830.

Предремонтное диагностирование

Методы и средства диагностирования различны. Их цель состоит в определении технического состояния и причин неисправностей машин и в выдаче рекомендаций по выполнению необходимых операций ТО и ремонта. При этом решаются следующие задачи:

- проверка с установленной вероятностью исправности и работоспособности машины в целом или ее составных частей;
- поиск дефектов, нарушивших исправность или работоспособность машины;
- сбор исходных данных для прогнозирования остаточного ресурса или вероятности безотказной работы машины в межремонтный период.

По полученным результатам даются рекомендации о необходимости регулирования механизмов, замене и ремонте ее отдельных составных частей.

Различают заявочное и ресурсное диагностирование. При заявочном – определяют место и при необходимости причину и вид дефекта или состояние машины в целом.

При ресурсном – остаточный ресурс составных частей и машины в целом.

Диагностирование проводят либо одновременно с другими видами работ по ТО (совмещенное – при устранении отказов), либо отдельно (специализированное).

Для определения технического состояния машин используют две группы методов контроля: с помощью органов чувств (органолептический или субъективный) и инструментальный (объективный).

Органолептические методы – осмотр, слушивание, проверка механизмов на «ощупь», что приводит к выявлению причин отказа или потери работоспособности машины с определенной погрешностью.

Инструментальные методы – применение специальных приборов, стендов и другого оборудования, обеспечивающего количественное измерение параметров состояния машин и износа деталей.

Разборка машин и агрегатов

Разборку необходимо выполнять в строгой последовательности, предусмотренной технической документацией. Технологические карты на разборку машин на агрегаты, сборочные, единицы и на детали разработаны для каждой марки машины индивидуально.

В них указаны порядок выполнения операции, применяемое оборудование, инструмент и технические условия на выполняемые работы.

Если технической документации нет, то сначала снимают детали, которые можно легко повредить (масляные и питательные трубки, шланги, рычаги, тяги и др.). Затем демонтируют отдельные агрегаты в сборе, которые разбирают на других рабочих местах. При снятии чугунных деталей, закрепленных большим числом болтов, во избежание появления трещин сначала отпускают на пол-оборота все болты или гайки и только после этого их вывертывают. Заржавевшие соединения перед отвертыванием замачивают в керосине.

Агрегаты и сборочные единицы, которые должны ремонтироваться на других предприятиях, после наружной очистки машины снимают и в соответствующей комплектности отправляют на склад, а затем – партиями обратно.

При капитальном ремонте на специализированных ремонтных предприятиях машины разбирают на агрегаты и сборочные единицы, а агрегаты и сборочные единицы – на детали.

Применяют следующее оборудование и инструмент для разборки машин: стенды, прессы, гайковерты, ключи, съемники и приспособления.

Стенды используют в зависимости от конструктивных особенностей агрегатов, их размеров, массы и способа организации процесса.

Конструкция стенда должна обеспечивать безопасность и удобство выполнения работ, минимальные затраты времени на установку и снятие агрегата, а также возможность поворота агрегата в требуемое удобное положение. При этом должны быть предусмотрены стопорные устройства, исключающие самопроизвольный поворот агрегата.

По назначению стенды делятся на универсальные и специализированные.

Первые предназначены для установки на них однотипных агрегатов машин различных моделей или разнотипных агрегатов одной модели. Вторые служат для разборки однотипных агрегатов машин определенных моделей. Их обычно применяют на специализированных ремонтных предприятиях с большой программой.

Дефектация деталей

Дефектация – операция технологического процесса ремонта машины, заключающаяся в определении степени годности бывших в эксплуатации деталей и сборочных единиц к использованию на ремонтируемом объекте. Она необходима для выявления у деталей эксплуатационных дефектов, возникающих в результате изнашивания, коррозии, усталости материала и других процессов, а также из-за нарушений режимов эксплуатации и правил технического обслуживания.

В результате трения и изнашивания деталей в конкретных условиях эксплуатации изменяются геометрические параметры, шероховатость рабочих поверхностей и физико-механические свойства поверхностных слоев материала, а также возникают и накапливаются усталостные повреждения.

Под изменением геометрических параметров деталей понимают изменение их размеров, формы и взаимного расположения поверхностей. К нарушениям формы относят: неплоскостность, непрямолинейность, овальность, конусность, бочкообразность и т. д., а к отклонениям взаимного расположения поверхностей – непараллельность плоскостей и осей вращения поверхностей, торцовое и радиальное биение, несоосность и т. д.

Усталостные повреждения нарушают сплошность материала, способствуют возникновению микро- и макротрещин, выкрашиванию металла рабочих поверхностей и излому деталей.

Нарушения режимов эксплуатации и правил ТО могут приводить к схватыванию трущихся поверхностей, короблению деталей в

результате перегрева или деформации под действием механической нагрузки, возникновению трещин, облому фланцев крепления и др.

Степень годности деталей к повторному использованию или восстановлению устанавливают по технологическим картам на дефектацию. В них указаны: краткая техническая характеристика детали (материал, вид термической обработки, твердость, нормальные размеры, отклонение формы и взаимного расположения поверхностей), возможные дефекты и способы их устранения, методы контроля, допустимые без ремонта и предельные размеры. Оценку проводят сравнением фактических геометрических параметров деталей и других технологических характеристик с допустимыми значениями.

При дефектации используют следующие методы измерения: абсолютный, когда прибор показывает абсолютное значение измеряемого параметра, и относительный – отклонение измеряемого параметра от установленного размера.

Искомое значение может отсчитываться непосредственно по прибору (прямой метод) и по результатам измерения другого параметра, связанного с искомым непосредственной зависимостью (косвенный метод)

По числу измеряемых параметров методы контроля подразделяют на дифференциальные и комплексные. При первом измеряют значение каждого параметра, а при втором суммарную погрешность отдельных геометрических размеров изделия.

Для нахождения производственных дефектов, возникающих в процессе изготовления деталей, на крупных ремонтных предприятиях могут использоваться радиационный, рентгеновские и другие методы.

Капиллярный метод предназначен для выявления нарушений сплошности поверхностных слоев детали (трещин), изготовленных из различных материалов (ферромагнитных и неферромагнитных сталей, жаропрочных, титановых, алюминиевых, магниевых сплавов, изделий из стекла, керамики и металлокерамики).

Его сущность состоит в следующем. На очищенную поверхность детали наносят специальную жидкость (пенетрант) и в течение некоторого времени выдерживают, с тем чтобы она успела проникнуть в полости дефекта (рис. 3.20, *а*). Затем с детали удаляют излишки жидкости и просушивают. Жидкость остается только в полости дефекта (рис. 3.20, *б*). Для его выявления на поверхность изделия наносят проявляющий материал (рис. 3.20, *в*), который способствует

выходу жидкости из полости (трещины) в результате адсорбции проявляющим веществом либо диффузии в него.

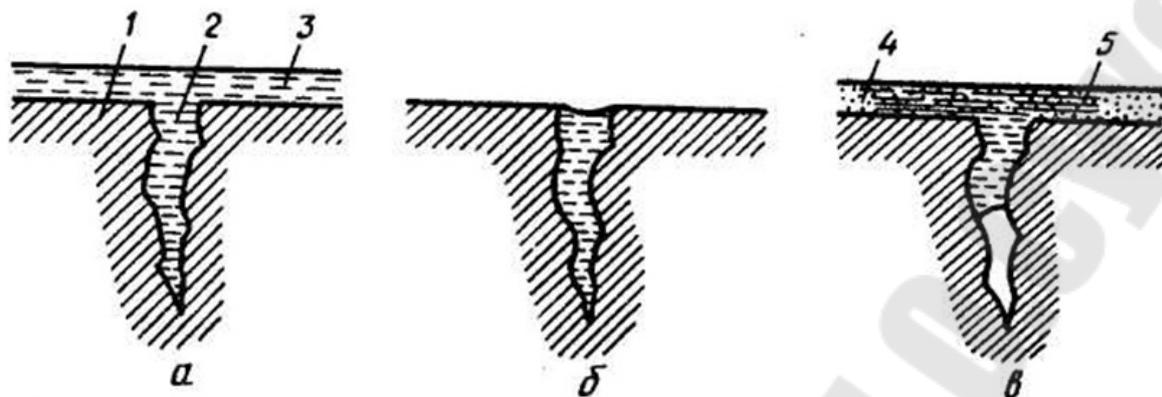


Рис. 3.20. Схема контроля деталей капиллярным методом с применением проявителя

а – трещина, заполненная проникающей жидкостью; б – жидкость удалена с поверхности детали; в – нанесен проявитель, трещина выявлена; 1 – деталь; 2 – полость трещины; 3 – проникающая жидкость; 4 – проявитель; 5 – след трещины.

Капиллярные методы дефектоскопии основаны на способности жидкости втягиваться в мельчайшие сквозные и несквозные каналы (капилляры). При попадании жидкости в капилляр ее свободная поверхность искривляется (образуется мениск), в результате чего возникает дополнительное давление жидкости в капилляре, отличающееся от внешнего давления (воздуха).

Пневматический способ нахождения сквозных дефектов более чувствителен, чем гидравлический, так как воздух легче проходит через дефект, чем через жидкости. При этом способе во внутреннюю полость деталей закачивают сжатый воздух, а наружную поверхность покрывают мыльным раствором или погружают деталь в воду. О наличии дефекта судят по выделению пузырьков воздуха.

Магнитный метод применяют для обнаружения дефектов в деталях, изготовленных из ферромагнитных материалов. Так выявляются поверхностные трещины или подповерхностные включения с иной, чем у основного материала, магнитной проницаемостью.

Ультразвуковой метод – разновидность акустических методов контроля дефектов (рис. 3.21). Метод основан на свойстве ультразвуковых колебаний (волн) прямолинейно распространяться в однородном твердом теле и отражаться от границ раздела сред, обладающих различными акустическими сопротивлениями, в том числе нарушенной сплошности материала (трещин, раковин, расслоений и др.).

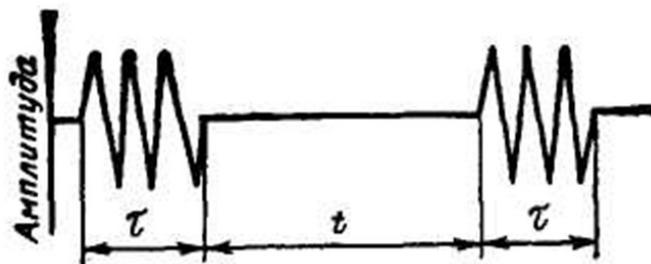


Рис. 3.21. Схема импульсов ультразвуковых колебаний, посылаемых в контролируемую деталь

В практике чаще всего применяют теневой и эхо-импульсный методы дефектоскопии.

Импульсы колебаний подаются и воспринимаются одной пьезоголовкой. Отражаясь от дефекта или границ раздела сред, они воспринимаются пьезоэлементом в периоды пауз. Для того чтобы эхосигналы не попали на искательную головку в период, когда он работает как излучатель, длительность пауз должна быть в 2...3 раза больше длительности импульсов.

Комплектование деталей при ремонте с/х машин

Детали комплектуют в специальном отделении, оборудованном стеллажами, подставками, столами, передвижными тележками, ящиками, контейнерами и универсальным измерительным инструментом. Туда поступают годные детали из отделения дефектации, со склада восстановленных деталей и новые детали со склада запасных частей.

Комплектовочные работы включают в себя: сортирование деталей, их подбор для сборки соединений в соответствии с техническими условиями; комплектование по номенклатуре и числу в соответствии с принадлежностью к агрегатам и сборочным постам; раскладку в тару; доставку комплектов на сборочные посты согласно такту сборки агрегатов. Это оказывает влияние на качество отремонтированных изделий, длительность производственного цикла и сборки, ритмичность выпуска продукции сборочными постами.

Чтобы повысить эффективность комплектования, надо хорошо знать комплектовочный процесс (накопление, сортирование, комплектование).

Детали накапливают для ритмичной работы постов сборки. Сортирование предусматривает раскладку деталей по принадлежности их агрегатам и сборочным единицам. В пределах агрегата каждой марки детали сортируют по размерным группам, массе, межцентровому расстоянию и другим показателям.

Разбивка деталей на размерные группы перед их сортированием – сложный и ответственный процесс, который влияет на качество сборки, долговечность соединений в эксплуатации и организацию сборки. При этом необходимо придерживаться следующих правил: число групп не должно быть больше пяти; допуски на соединяемые детали должны обеспечивать оптимальную посадку при сборке; число деталей в группах должно быть по возможности одинаковым.

Для сортирования используют универсальные средства измерения, специальные приборы и приспособления. Рассортированные по размерным и массовым группам детали подбирают для соединений.

На ремонтных предприятиях детали комплектуют штучным и селективным (групповым) подбором.

Штучный подбор заключается в том, что к одной детали с каким-то действительным размером, полученным в результате его измерения, подбирают вторую деталь данного соединения, исходя из допустимого при их сборке зазора или натяга.

Селективный (групповой) подбор характеризуется тем, что соединяемые детали после их обработки и контроля предварительно сортируют по размерным группам, клеймят цифрами, буквами или помечают цветными красками.

Сборка

При сборке различают работы, которые имеют к ней непосредственное отношение и выполняются в сборочном цехе, а также вспомогательные и пригоночные. В связи с тем что в процессе сборки используют детали, бывшие в эксплуатации и годные к дальнейшей эксплуатации, а также имеющие некоторое искажение геометрической формы и размеров, возможно возникновение ряда погрешностей во взаимном расположении элементов собранного соединения.

Чтобы выдержать необходимый зазор (натяг), необходимо вводить в размерные цепи неподвижный компенсатор (шайбы или прокладки). Например, для получения требуемого натяга в соединении плоскость головки цилиндров – бурт гильзы цилиндров после обработки посадочного места в блоке под верхний буртик гильзы устанавливают необходимое число прокладок (колец), а для обеспечения нужного зазора в роликовом подшипнике между крышкой и наружным кольцом размещают несколько регулировочных прокладок.

В машинах находится приблизительно следующее количество соединений: типа цилиндрический вал-втулка – 35...40 %, резьбовых – 15...25 %, плоскостных – 15...20 %, конических – 6...7 %, сфериче-

ских – 2...3 % и др. По конструкции их можно разделить на следующие группы (рис. 3.22): неподвижные разъемные (резьбовые, пазовые и конические); неподвижные неразъемные (соединения запрессовкой, заклепочные); подвижные разъемные (валы – подшипники скольжения, зубья колес, плунжеры-втулки); подвижные неразъемные (некоторые подшипники качения, запорные клапаны).

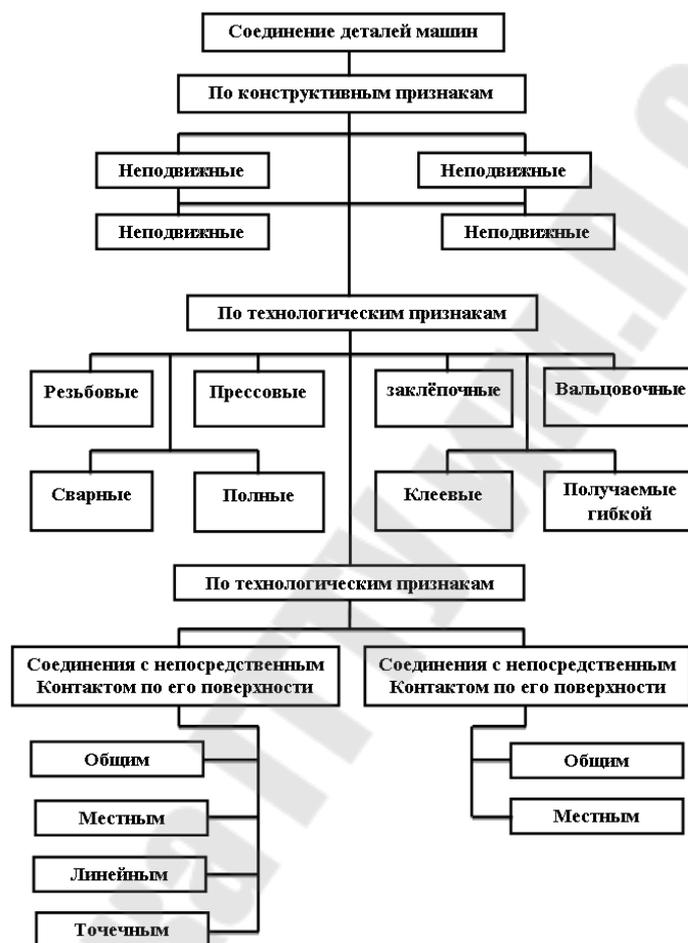


Рис. 3.22. Типы соединения деталей машин

При сборке машин используют универсальный монтажный инструмент, съемники и специальные приспособления.

Обкатка и испытания

При обкатке сопряженные поверхности трения прирабатываются, что приводит к улучшению их качества при взаимном первичном изнашивании в оптимальных условиях.

Испытание – комплексная проверка качества ремонта и установление обратной связи с его технологическим процессом.

Основная приработка сопряженных поверхностей происходит в первые 2...3 ч и завершается для двигателей через 50...60, а для агре-

готов трансмиссии – через 100...120 ч. Ее выполняют в два этапа: первый – обкаткой в ремонтной мастерской и второй – обкаткой в эксплуатационных условиях при работе с неполной нагрузкой.

Двигатели обкатывают на мотороремонтном участке мастерских на универсальных стендах: КИ-5541, КИ-5542, КИ-5543, КИ-2139А и КИ-5274

Стенд типа КИ представляет собой асинхронный электродвигатель трехфазного тока с весовым механизмом для замера мощности обкатываемых двигателей.

При холодной обкатке электродвигатель работает в режиме двигателя и через редуктор передает вращение на коленчатый вал обкатываемого двигателя. При горячей обкатке с нагрузкой и при испытании нагрузка испытуемого двигателя создается асинхронным электродвигателем, который начинает работать в режиме синхронного генератора. На стенде размещен редуктор, позволяющий обкатывать двигатели на прямой, повышенной или пониженной передаче.

Дизели обкатывают на эксплуатационном масле. Холодную обкатку пусковых двигателей необходимо проводить на дизельном топливе, вводимом через систему питания, а горячую – на смеси автомобильного бензина и дизельного масла при соотношении 15:1 по объему.

Холодная обкатка заключается во вращении коленчатого вала обкатываемого двигателя сначала с выключенной, а затем с включенной компрессией.

Горячая обкатка без нагрузки выполняется после пуска постепенным повышением частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Горячая обкатка под нагрузкой проводится при положении рычага регулятора, соответствующем максимальной подаче топлива, и постепенном повышении нагрузки.

После окончания обкатки двигатель испытывают на развиваемую мощность и расход топлива, контролируют осмотром и устраняют неисправности.

По окончании обкатки и испытания двигатель осматривают. Его снимают с обкаточного стенда и устанавливают на стенд контрольного осмотра. Демонтируют поддон картера, головки цилиндров, крышки шатунных и коренных подшипников.

При этом обращают внимание на состояние рабочих поверхностей шеек коленчатого вала, вкладышей и гильз цилиндров.

Если в процессе обкатки, испытаний и контрольного осмотра были обнаружены неисправности, то их необходимо устранить и обкатывать двигатель на газу без нагрузки 10 мин.

Обкатку трансмиссий тракторов выполняют в сборе без нагрузки с помощью приспособления СП-2807, состоящего из станины и электродвигателя мощностью 7 кВт. Его устанавливают на раму гусеничного трактора впереди коробки передач и прикрепляют стремянками к раме.

После обкатки, испытания и устранения неисправностей отремонтированных агрегатов их устанавливают на машину. Собранную машину также обкатывают.

Окраска с/х машин

Лакокрасочные материалы представляют собой многокомпонентные составы, которые при нанесении их тонким слоем (30...100 мкм) на поверхность изделия образуют лакокрасочное покрытие, защищающее его от коррозии и придающее ему красивый внешний вид.

Процесс окраски включает в себя: подготовку поверхности к окраске, грунтование, шпатлевание, нанесение наружных слоев покрытия, сушку и контроль качества покрытий.

Подготовка поверхности деталей машин к окраске. Лакокрасочные покрытия высокого качества могут быть получены только при тщательной очистке окрашиваемой поверхности от старой краски, продуктов коррозии, жировых и других загрязнений. Присутствие на поверхности изделия загрязнений органического или неорганического происхождения снижает, а иногда и полностью исключает возможность образования адгезионных связей между окрашиваемой поверхностью и покрытием. Некоторые из них могут вызвать подпленочную коррозию металла. При нанесении лакокрасочных материалов на хорошо очищенную поверхность капля материала смачивает окрашиваемую поверхность и растекается по ней.

Способ подготовки поверхности перед окраской выбирают в зависимости от сложности поверхности, размеров и материала изделий, условий эксплуатации, программы предприятия, степени и характера загрязнений, экономической целесообразности и других факторов. В ремонтном производстве наиболее часто предварительно поверхности деталей обезжиривают щелочными растворами, органическими растворителями и пароструйным способом.

Грунтование. Эту операцию следует проводить в возможно более короткий срок после подготовки поверхности к нанесению лако-

красочного покрытия. На подготовленную поверхность изделия наносят первый слой лакокрасочного покрытия – грунтовку, которая служит основой покрытия. Она предназначена для создания прочного антикоррозионного слоя, имеющего высокую сцепляемость с металлом и последующими слоями лакокрасочного покрытия.

Разведенную до рабочей вязкости грунтовку наносят на поверхность изделия краскораспылителем, электроосаждением или кистью. Грунт должен ложиться ровным тонким слоем, без пропусков и подтеков. С особой тщательностью его наносят на сварные швы, стараясь заполнить все поры.

Шпатлевание. Эта операция предназначена для сглаживания шероховатостей и незначительных неровностей на окрашиваемой поверхности. Шпатлевка представляет собой густую пастообразную массу. Она состоит из пигментов и наполнителей, затертых на различных лаках.

После высыхания шпатлевка должна иметь высокую адгезию к грунтовочному слою и последующим слоям лакокрасочного покрытия, быть твердой, хорошо шлифоваться, не набухать и не выкрашиваться при мокром шлифовании. Она не повышает защитные свойства лакокрасочного покрытия, но снижает его механическую прочность. Ее толстый слой может быть причиной растрескивания лакокрасочного покрытия, так как он недостаточно эластичен. Поэтому шпатлевать следует слоями толщиной 0,1...0,5 мм, а толщина всех слоев не должна превышать 0,5...2,0 мм. Слой наибольшей толщины (2...5 мм) можно нанести при использовании эпоксидной шпатлевки ЭП-0010. Не рекомендуется использовать более пяти слоев шпатлевки.

После высыхания каждого слоя покрытия шлифуют сухим или мокрым способом для устранения неровностей и шероховатости, улучшения адгезии и внешнего вида. При сухом способе используют шлифовальные шкурки на тканевой или бумажной основе, а при мокром – водостойкие шлифовальные шкурки.

Нанесение наружных слоев лакокрасочного покрытия. Эта операция зависит от требований, предъявляемых к внешнему виду окрашиваемых поверхностей. Лакокрасочное покрытие может быть декоративным (у легковых автомобилей), обыкновенным (у грузовых автомобилей и тракторов) и защитным (у с/х машин).

Для получения декоративных покрытий выполняют многослойную окраску, уделяя особое внимание отделочным работам. На кузова легковых автомобилей наносят до шести слоев нитроэмали или до

трех слоев синтетической эмали. Каждый последующий слой наносят на хорошо просушенный нижележащий слой, что не выполняют при окраске синтетическими и некоторыми другими эмалями.

Наружные слои лакокрасочных покрытий часто наносят воздушным или безвоздушным распылением и в электростатическом поле.

Сушка лакокрасочных покрытий. Лакокрасочные материалы, применяемые для нанесения наружных слоев покрытия, в результате испарения растворителя, окисления, конденсации или полимеризации пленкообразующего вещества образуют пленку. Испарение растворителя и другие процессы, протекающие в лакокрасочном покрытии, зависят от температуры нагрева и степени подвижности воздуха, соприкасающегося с покрытием. Испарение ускоряется при периодической смене насыщенного парами растворителя окружающего воздуха.

В зависимости от применяемых материалов, организации производства и требований, предъявляемых к покрытию, сушку проводят в естественных условиях при температуре 18...23 °С (холодная) или при более высокой температуре (горячая).

В зависимости от способа передачи теплоты покрытию различают конвекционный, терморadiационный и терморadiационно-конвекционный способы горячей сушки.

Контроль качества лакокрасочных покрытий. Качество покрытий оценивают по внешнему виду, толщине, блеску, твердости, адгезии, прочности при изгибе и ударе, масло-, водо- и бензостойкости, стойкости к различным реагентам, свето- и термостойкости, атмосферостойкости и др.

Попов Виктор Борисович

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ
И РЕМОНТ УБОРОЧНЫХ МАШИН**

Пособие

**для студентов специальности
1-36 12 01 «Проектирование и производство
сельскохозяйственной техники»
дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 05.12.23.

Рег. № 61Е.
<http://www.gstu.by>