

**В. П. ГУЛЯЕВ,
Т. Ф. ГАВРИЛЬЕВА**

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МАШИНЫ

Учебное пособие



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
МОСКВА
КРАСНОДАР
2020

УДК 631.3(075)
ББК 34.751я723

Г 94 Гуляев В. П. Сельскохозяйственные машины : учебное пособие / В. П. Гуляев, Т. Ф. Гаврильева. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 140 с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). — Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-8114-4563-9

Изложены назначение, устройство, конструкции и отдельные технические особенности машинно-тракторных агрегатов, универсальных энергетических средств для обработки почвы, посева и посадки растений; технологических систем и комплексов животноводства. Устройство и конструкции машин представлены в логической взаимосвязи функций, выполняемых исполнительными, передаточными механизмами, с технологическими процессами сельскохозяйственного производства. В учебном пособии изложены основные положения, методы и технические средства точного земледелия, принципы и средства автоматизации сельскохозяйственных процессов. После каждой укрупненной темы приведены контрольные вопросы и задания для закрепления знаний и умений обучающихся.

Учебное пособие может быть использовано как основная литература в профессиональных модулях ПМ.01 «Подготовка машин, механизмов, установок, приспособлений к работе, комплектование сборочных единиц» и ПМ.02 «Эксплуатация сельскохозяйственной техники» программы подготовки специалистов среднего звена в соответствии с ФГОС СПО специальности «Механизация сельского хозяйства», для освоения вида профессиональной деятельности «Техник-механик».

УДК 631.3(075)
ББК 34.751я723

Обложка
П. И. ПОЛЯКОВА

© Издательство «Лань», 2020
© В. П. Гуляев, Т. Ф. Гаврильева, 2020
© Издательство «Лань»,
художественное оформление, 2020

ПРЕДИСЛОВИЕ

Машины и механизмы, применяемые в сельском хозяйстве, на обширных сельских территориях, обладают удивительными свойствами, которыми их наделяют конструкторы, инженеры и рабочие заводов-производителей. Главными свойствами таких машин и механизмов являются свойства осуществлять множество сложных движений с различными скоростями и ускорениями для производства в необходимом количестве и качестве продуктов питания, жизненно важных для человека. В данном учебном пособии авторы преследовали цель обратить внимание читателя на наиболее существенные признаки сельскохозяйственных машин, отличающие их от множества других машин, выполняющих функции транспортировки грузов и пассажиров, обработки металлов и производства других изделий.

Достижения науки и техники достаточно широко внедряются при создании и эксплуатации машин, предназначенных для различных отраслей экономики, но использование их (достижений) в сельскохозяйственных машинах, сельскохозяйственном машиностроении требует решения многих фундаментальных проблем и задач, связанных, прежде всего, со специфической областью взаимодействия сельскохозяйственных машин с природными, биологическими объектами. Построение и содержание разделов пособия при анализе конструкции сельскохозяйственных машин, отдельных систем машин были направлены на выражение этой взаимосвязи и обусловленности.

Отличительная особенность данного учебного пособия заключается в стремлении придать определенный динамизм в характер изучения материалов путем графического закрепления и выражения приведенной в разделах пособия информации. Такой деятельностный подход будет стимулировать критический анализ и поиск дополнительных сведений по изучаемым вопросам.

ГЛАВА 1. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА

1.1. Процессы производства сельскохозяйственной продукции

Все процессы, выполняемые человеком или машиной, любой технической системой с затратами энергии, конечным результатом которых является продукция, обладающая необходимыми потребительскими качествами и стоимостью, называются производственными. Производственный процесс, разрабатываемый, организуемый и управляемый предприятием по производству определенных видов продукции — это единое целое, состоящее из технологических и организационно-управленческих процессов. Единство и гармоничность сочетания этих двух сторон деятельности предприятия — это гарантия качественного труда коллектива, высокой эффективности предприятия.

В учебном пособии рассматриваются отдельные современные направления развития технологических процессов производства сельскохозяйственной продукции [17–19, 22]. Собственно технологический процесс — это систематизированное, целесообразное придание требуемой формы, состояния, размещения в пространстве объекту продукции, изделию. Технологические процессы классифицируются по видам источников энергии, участию человека и способам воздействия на объект труда, длительности, другим характерным признакам.

Для реализации необходимых технологических процессов на предприятиях используются природные источники энергии (физические, физико-химические, биологические, физиологические и другие естественные реакции) или механические, электрические и другие источники целесообразно преобразованной энергии. Например: жизненные циклы растений и животных протекают под действием естественного или искусственно созданного окружающего мира, производство электричества гидроэлектростанциями осуществляется под действием естественного течения воды, а обработка металлических заготовок на металлорежущих станках, уборка урожая сельскохозяйственных растений производится с помощью автономных источников энергии — электродвигателей или двигателей внутреннего сгорания.

По степени относительной длительности стадий, периодов, фаз технологические процессы производства продукции могут называться непрерывными или дискретными. Например, технологический процесс выплавки чугуна является непрерывным от начала загрузки доменной печи до выдачи конечной продукции, а процесс обработки металлической заготовки детали на токарном станке может прерываться для контроля размеров обрабатываемой заготовки детали.

Сельское хозяйство — сфера деятельности человека, положившей начало становлению и дальнейшему развитию цивилизации, направленной на удовлетворение базовой потребности человека в продуктах питания, сохранении здо-

рочья и репродукции человека как биологического вида. Именно в данной отрасли экономики наиболее полно и выпукло отражается фундаментальный физический закон сохранения энергии, преобразования энергии из одного вида в другой, справедливый для замкнутых физических систем.

Сельское хозяйство является важнейшей отраслью современной хозяйственной деятельности всех стран мира, одной из составляющих агропромышленного комплекса в развитых странах. В состав агропромышленного комплекса страны входят также предприятия сельскохозяйственного машиностроения; производства минеральных удобрений и других необходимых веществ и материалов; предприятия переработки, хранения, транспортировки сельскохозяйственной продукции, торговли и др.

Современное сельское хозяйство — это две взаимосвязанные области хозяйственной деятельности человека: растениеводство и животноводство.

Растениеводство

Растениеводство — область деятельности по выращиванию различных зерновых, технических, продовольственных (овощей, плодов) и кормовых сельскохозяйственных культур.

Человек в настоящее время использует не более 5% видов растений, произрастающих на нашей планете. Сегодня, из великого множества растений, окультурено только около 600 видов. И только примерно 100 видов растений применяются человеком в его повседневной жизни в качестве продуктов питания, сырья для технической переработки и кормления сельскохозяйственных животных.

В состав любых пищевых продуктов человека входят следующие пищевые вещества: белки, углеводы, жиры, витамины, минералы и вода. Белки являются строительными материалами человеческого организма. Около 60% белков поступают в организм человека с пищей животного происхождения: мясо, рыба, яйца, молоко и другие продукты. Остальные 40% белков человек получает, употребляя пищевые продукты растительного происхождения.

Углеводы — основные источники энергии для работы мышц и всего организма человека. Углеводы обеспечивают питанием клетки коры головного мозга. Человеческий организм получает углеводы через мучные продукты, бобовые растения, сахар и другие растения. Другим источником энергии организма человека, его выносливости являются растительные жиры и жиры животного происхождения.

Большое значение для человеческого организма имеют витамины, присутствующие в небольших количествах в таких продуктах питания, как фрукты, ягоды, овощи. Минералы, поступающие в организм, необходимы для обеспечения прочности костей, поддержания определенных норм жизненно важных химических соединений в крови, мышцах и т. д. Источниками поступления минералов в организм человека являются поваренная соль, мучные и мясо-молочные продукты, овощи, фрукты и т. п.

Все виды полезных для человека растений существенно различаются между собой по биологическим признакам и свойствам, каждый вид растений

требует отдельных условий окружающей среды для своего существования. Незначительные, на первый взгляд, отклонения условий произрастания растений принципиально отражаются на количестве и качестве получаемой человеком растительной продукции.

Опыт земледелия, растениеводства, накопленный за сотни и тысячи лет, сконцентрирован в виде разработанных технологий обработки почвы, посева и посадки, ухода и выращивания растений, получения урожая, переработки и хранения продукции растениеводства.

В растениеводстве основная часть сельскохозяйственных культур, выращиваемых человеком, представлена зерновыми культурами, которые выращиваются на половине всех пахотных земель в мире. Зерновые культуры обладают оптимальным сочетанием белков, жиров и углеводов. Выращивание зерновых является высокоэффективным процессом; доказано, что затраты труда на производство 100 кг зерна — не более 1 человека-часа. Важнейшими зерновыми культурами являются пшеница, рис и кукуруза, дающие высокие урожаи в странах умеренного и субтропического климатических поясов. Производство ячменя, просяных культур, овса и ржи значительно меньше, чем пшеницы, риса и кукурузы. Российская Федерация входит в число мировых лидеров по производству пшеницы, ячменя, ржи, овса и некоторых других культур (табл. 1).

Менее чем на 10% пахотных земель России выращиваются различные технические культуры: подсолнечник, сахарная свекла, лен, широко используемые после промышленной переработки. В нашей стране под посевами подсолнечника занято более одной трети посевных площадей мира.

Таблица 1

Производство зерновых культур в Российской Федерации (млн т)

Культура	2013 г.	2014 г.	2018 г.
Пшеница	52,091	58,994	72,068
Ячмень	15,389	19,984	16,981
Рожь	3,360	3,274	1,915
Овес	4,932	5,265	4,707
Кукуруза	11,635	11,091	11,163
Рис	0,935	1,047	1,038
Зернобобовые	2,037	2,171	3,433
Просо	0,419	0,487	0,216
Гречиха	0,834	0,662	0,930

На сравнительно больших площадях (1,2 млн га) выращивается сахарная свекла. Лен — особая техническая культура, 75% мирового производства которой осуществляется в России, так как именно природно-климатические условия российского Нечерноземья идеально подходят для его произрастания (табл. 2). В других странах мира возделываются такие технические культуры, как соя, рапс, арахис, сахарный тростник, хлопок, джут, сизаль и др.

Важное место в растениеводстве отводится производству картофеля, овощей, фруктов. В России на протяжении ряда лет выращивается и реализуется населению около 40 млн т картофеля, капусты и овощей (табл. 3). Картофель является одним из самых потребляемых продуктов растениеводства в нашей стране; под-

считано, что на душу населения производится 120–130 кг картофеля в год. По производству овощей открытого грунта и посевным площадям Россия входит в десятку ведущих стран мира. Вместе с тем производство овощей закрытого грунта продолжает оставаться низким; эксперты указывают, что увеличение площадей овощеводства закрытого грунта до 4 тыс. га обеспечит потребность страны на 70%. Мировыми лидерами по валовому сбору овощей являются страны с благоприятными природно-климатическими условиями: Китай, Индия, США, Турция, Италия, Греция и др.

Таблица 2

**Производство некоторых технических культур
в Российской Федерации (млн т)**

Культура	2013 г.	2014 г.	2018 г.
Подсолнечник	9,8	8,5	12,7
Рапс	1,26	1,34	1,98
Сахарная свекла	39,3	33,5	42,06
Лен-долгунец (волокно)	0,039	0,037	0,037

Таблица 3

**Валовой сбор картофеля, капусты
и овощей в Российской Федерации (млн т)**

Культура	2013 г.	2014 г.	2018 г.
Картофель	24,0	24,3	22,4
Капуста	2,71	2,7	2,5
Овощи открытого и закрытого грунта	12,6	12,8	13,7

В нашей стране благоприятные природно-климатические условия способствуют получению высоких урожаев плодов, ягод и винограда в Северо-Кавказском, Центральном, Поволжском и Центрально-Черноземном регионах. В садах выращиваются яблоня, вишня, слива, груша, абрикос, черешня, персик. На ягодниках культивируются смородина, земляника, малина, крыжовник. Валовой сбор плодов и ягод (включая цитрусовые) достигает 3 млн т в год, а валовой сбор винограда достигает 300 тыс. т в год. Российский рынок фруктов имеет устойчивую тенденцию роста, ежегодно около 15%. По оценкам экспертов объем российского рынка фруктов составляет 5,7 млрд долл. США. Наибольшее предпочтение население отдает яблокам, бананам, апельсинам.

Животноводство

Животноводство — область деятельности человека по разведению сельскохозяйственных животных для производства животноводческих продуктов, по технологическим особенностям подразделяется на скотоводство, свиноводство, овцеводство, птицеводство, коневодство, верблюдоводство, оленеводство.

Если растениеводство характеризуется площадью посевных площадей и урожайностью выращиваемых культур, то животноводство характеризуется поголовьем и производительностью. Так, развивающиеся страны в Африке, Латинской Америке, Азии, обладая многочисленным поголовьем крупного рогатого скота, имеют низкий уровень производства мяса и молока. В мировом

производстве говядины и молока лидируют страны, имеющие значительные площади естественных пастбищ и развитые фермерские хозяйства, — это США, Канада, Австралия, Мексика, Бразилия, Аргентина.

Поголовье крупного рогатого скота специализированных мясных пород и помесных животных в сельскохозяйственных организациях и крестьянских (фермерских) хозяйствах России в 2014 г. составляло 2 млн 388 тыс. голов, планируется довести поголовье в 2020 г. до 3 млн 590 голов. В целом, поголовье крупного рогатого скота по всем видам хозяйств колеблется в пределах 18–19 млн голов (табл. 4). По объему производства говядины Российская Федерация входит в десятку стран-лидеров, в ноябре 2015 г. в нашей стране было произведено более 26 тыс. т говядины, включая субпродукты. Основная доля говядины производится хозяйствами населения Приволжского, Сибирского и Центрального федеральных округов (табл. 5).

Таблица 4

**Поголовье отдельных видов животных
в хозяйствах Российской Федерации (млн голов)**

Виды животных	2013 г.	2014 г.	2018 г.
Крупный рогатый скот	19,3	18,92	18,15
Свины	19,01	19,45	23,73
Овцы и козы	24,13	24,44	23,13
Лошади	1,26	1,25	1,28
Северные олени	1,74	1,65	1,78

Таблица 5

**Производство животноводческой продукции в Российской Федерации
по видам животных на убой в живом весе (млн т)**

Виды животных	2013 г.	2014 г.	2018 г.
Крупный рогатый скот	1,6	1,6	1,6
Свины	2,8	2,9	3,7
Овцы и козы	0,19	0,2	0,22

По данным Министерства сельского хозяйства России, производство молока в настоящее время составляет свыше 30 млн т в год, что обеспечивает шестое место в мире по производству молока. Между тем, высокие показатели производства молока (более 500 л) при пересчете на душу населения имеют такие страны, как Дания, Литва, Нидерланды, Новая Зеландия.

Свиноводство занимает достаточно высокую долю в объеме животноводческой продукции. Свиноводство — высокорентабельная отрасль животноводства за счет высокой плодовитости свиноматки и коротких сроков производства поголовья на убой. В настоящее время в Российской Федерации поголовье свиней составляет около 23 млн голов, производство свинины в убойном весе достигает почти 4 млн т в год. Наиболее развито свиноводство в Китае, США, Германии, Франции, Бразилии, Мексике.

Природно-климатические условия регионов Российской Федерации позволяют эффективно развивать овцеводство, птицеводство и другие направления животноводства.

Российское овцеводство сосредоточено на Северном Кавказе, Южном федеральном округе, в районах Поволжья, южной части Урала, Центрально-Черноземных районах. Пастбища, благоприятные по природно-климатическим условиям, обеспечивают эффективное содержание и развитие более 24 млн овец и коз, стабильное производство шерсти, мяса, овчины и других продуктов овцеводства.

В последние годы в Российской Федерации успешно развивается промышленное птицеводство. Производство мяса птицы выросло более чем в три раза, практически полностью удовлетворен внутренний спрос, и наращивается экспорт продукции за рубеж.

Большая часть мирового поголовья оленей сосредоточена в районах Крайнего Севера России ($\frac{2}{3}$ поголовья). Площадь территории, на которой пасутся олени, — более 3 млн квадратных километров в тайге, лесотундре, тундре, сопоставима с размерами европейской части нашей страны. Социальное и экономическое значение этой отрасли животноводства заключается в сохранении образа жизни коренных народов Севера, в использовании продукции отрасли в качестве источников биологического сырья, в частности, для медицины и фармацевтической промышленности.

Краткий обзор только двух составляющих агропромышленного комплекса — растениеводства и животноводства — показывает исключительное разнообразие видов, типов сельскохозяйственных растений, животных, природно-климатических и других условий, в которых активно и эффективно применяются и эксплуатируются различные технические системы, преобразующие энергию из одного вида в другой.

Контрольные вопросы и задания по разделу 1.1

1. Составить таблицы производства сельскохозяйственной продукции в регионе (по статистическим данным).
2. Составить таблицы производства электрической энергии в регионе (по статистическим данным).
3. Составить таблицы наличия машин в регионе (по статистическим данным).
4. Провести практические занятия по содержанию материалов раздела 1.1.

1.2. Совершенствование технических систем преобразования энергии при производстве сельскохозяйственной продукции

Для производства (изготовления) любого продукта требуется энергия. Человек пользуется этой простой, но фундаментальной физической истиной в течение всего своего развития как биологического вида. Постоянная необходимость увеличения количества и качества производимой продукции для улучшения своей жизни побуждает его к повышению эффективности расходования умственной, мускульной и механической энергии.

Еще в первобытные времена в процессе перехода от собирательства растений и добычи животных, пригодных для еды и воспроизводства рода, к земледелию возникают технологии совершенствования орудий труда, средств производства, обеспечивающих многократный рост жизненно важной продукции.

Одним из орудий труда, созданных умственными и физическими усилиями человека, является мотыга — заостренный природный камень, закрепленный на рукояти. Человек, прилагая к мотыге свою мускульную энергию, стал обрабатывать значительные по площади участки плодородной почвы и получать больше урожая для приращения своего богатства и могущества. Археологические исследования и другие исторические свидетельства показывают, что первые земледельческие орудия для восстановления плодородных свойств почвы — мотыга, примитивный плуг применялись более 4000 лет назад.

Начало современным достижениям цивилизации было положено тысячелетия тому назад, когда человек впервые обнаружил чудодейственное значение земледелия. Обработка земли и последующее выращивание на обработанной земле растений, урожай которых обеспечивает здоровье и процветание человека, стали эффективными процессами, требующими постоянного совершенствования техники и технологии.

Поверхностный пласт обрабатываемой земли, содержащий продукты разложения растительных остатков и жизнедеятельности живых организмов, твердые частицы горных пород, воду и воздух, называется почвой и является сложной непрерывно изменяющейся системой [16]. Образование почвенного покрова на поверхности земли изучается в различных временных масштабах. Научными исследованиями установлено, что начало земледелия в долинах крупных рек на субтропических широтах было обусловлено геологическими и климатическими факторами. Биологическое разнообразие субтропических широт, в котором произрастали прародители большинства современных сельскохозяйственных культур, благоприятные почвенные условия с богатым содержанием питательных для растений органических и минеральных веществ давали высокие урожаи необходимых для человека продуктов растениеводства при минимальной обработке поверхностного пласта земли.

Вертикальное строение почвы на разрезе представляется хорошо выраженными слоями или почвенными горизонтами (рис. 1). Верхний горизонт (слой) почвы — гумусовый, является смесью органических веществ, образовавшихся при разложении отмерших растений и животных. Поверхность гумусового горизонта почвы, называемая подстилкой, состоит из опавших листьев, хвои, веток, отмерших трав и других растений, останков представителей животного мира. Ниже выделяется слой, называемый дерниной, переплетенный и скрепленный корнями травянистых растений. В гумусовом горизонте почвы постоянно протекают процессы окисления органических веществ до конечных продуктов разложения углекислого газа CO_2 , воды H_2O и простых минеральных солей. Одновременно, наряду с минерализацией, происходят более сложные превращения органических остатков в специфическое темноокрашенное высокомолекулярное органическое вещество, называемое гумусом.

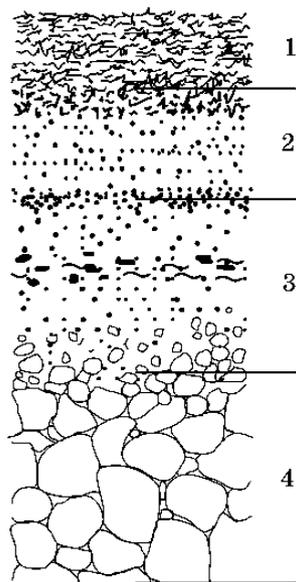


Рис. 1

Типичный вертикальный разрез почвы и последующих слоев земли:
 1 — поверхностный горизонт почвы; 2–3 — почва; 4 — материнская порода.

Под гумусовым горизонтом располагается почвенный слой, в котором аккумулируются продукты почвообразования, обогащенные минеральными составляющими, содержащими гумус с продуктами разрушения основной материнской породы: железистые и марганцовистые вещества, карбонаты кальция и других химических элементов.

Наиболее важным свойством почвы, основного средства сельскохозяйственного производства, является плодородие или способность почвы обеспечивать условия нормального роста и развития растений: наличие необходимых для роста и развития химических элементов и их соединений, воды, воздуха, тепла и других факторов. Естественное плодородие почвы определяется природно-климатическими, биологическими и другими естественно-природными факторами без вмешательства человека. Искусственное плодородие — плодородие, которое почва приобретает при целенаправленном воздействии человека — обработки, внесения удобрений, мелиорации и другими приемами окультуривания почвы. Как только новый, целинный участок земли начинает обрабатываться, почва становится средством производства и продуктом труда человека. Искусственное плодородие почвы вместе с естественным плодородием обеспечивают урожай растений. Многолетний анализ результативности воздействия человека на почву свидетельствует о том, что сегодня урожайность сельскохозяйственных культур более чем на 25% зависит от качества обработки почвы.

Таким образом, эффективность использования почвы зависит не только от природного, естественного плодородия почвы, но и в большей степени от способов и методов использования почвы человеком, уровня развития науки, техники и реализации их достижений на практике.

Одним из первых средств производства, орудием труда человека является заостренный природный камень, закрепленный на рукоятке. Человек, прилагая к мотыге свою мускульную энергию, осуществляет обработку почвы с целью использования ее главного свойства — плодородия. Известно, что ручная обработка земли для выращивания сельскохозяйственных культур, начиная с эпохи неолита, осуществляется мотыгой. Мотыга — первое сельскохозяйственное орудие, конструкция которого представляет собой длинный деревянный стержень, называемый рукоятку, на свободном конце оснащенный заостренным клином перпендикулярно рукоятке (рис. 2). Длина рукоятки от места захвата руками человека, обрабатывающего землю, до рабочей части (инструмента) мотыги подбирается опытным путем по критерию эффективности рыхления земли и приемлемой длительности процесса. Величина силы $F_{\text{разр}}$, с которой рабочая часть мотыги внедряется в землю, разрушает дернину и разрыхляет некоторый объем земли, примыкающей к рабочей части мотыги, ограничивается физическими возможностями человека. При анализе процесса обработки почвы мотыгой сила $F_{\text{разр}}$ может быть представлена двумя составляющими: силой $F_{\text{рез}}$, действующей вдоль оси x и отрезающей пласт почвы от основного массива; силой $F_{\text{отр}}$, разрыхляющей пласт почвы.

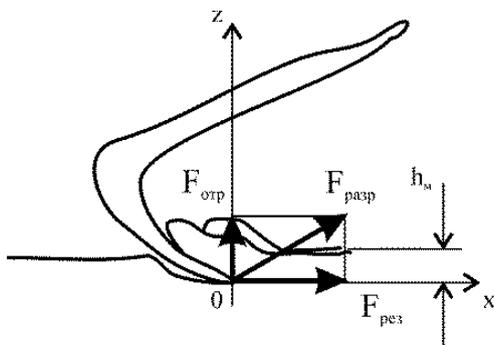


Рис. 2

Мотыга. Силы взаимодействия рабочего инструмента с обрабатываемой почвой

Схематически, взаимодействие человека и объекта обработки в элементарном виде, может быть представлено так, как показано на рисунке 3.

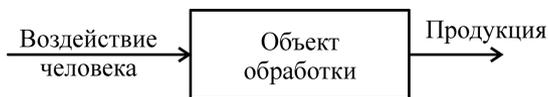


Рис. 3

Элементарная схема взаимодействия человека с объектом обработки

Особо важно отметить, что в данном схематическом обозначении целенаправленного воздействия человека на объект обработки понимается, что каждое, любое физическое приложение мускульной энергии человека есть осознанное действие, в результате которого должна быть получена требуемая (умственно обоснованная) продукция.

Очевидно, что мускульной энергии человека явно недостаточно для сохранения и восстановления плодородных свойств почвы на больших площадях, поэтому на смену технологии ручного возделывания почвы, построенной на мускульной энергии человека, пришла технология упряжной обработки. Домашние животные — быки, лошади, верблюды, слоны стали использоваться в качестве источников тяговой силы, прилагаемой к сельскохозяйственному орудью, конструкция которого существенно изменилась (рис. 4). Возрастание величины тягового усилия $F_{\text{тяги}}$ и других силовых параметров при обработке земли привели к заметным усовершенствованиям конструкции режущего, рыхлящего почву рабочего инструмента и плуга в целом.

Тяговое усилие $F_{\text{тяги}}$, прикладываемое к почвообрабатывающему орудью — сохе (плугу), позволило земледельцу обрабатывать почву на глубину $h_c > h_m$, добиваясь значительного повышения плодородных качеств почвы (рис. 4). Путем прямых измерений было установлено, что нормальное тяговое усилие, развиваемое тягловым животным, в частности лошадью, определяется живой массой лошади, а именно: $F_{\text{тяги}} = (0,01-0,05)G$, где G — живая масса лошади.

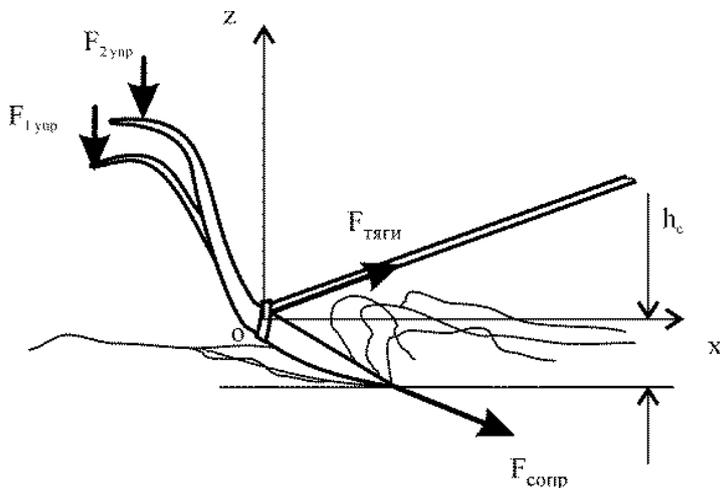


Рис. 4

Схематическое изображение древнего почвообрабатывающего орудия

На следующей ступени развития мускульная энергия человека, направляемая на обработку поверхностного пласта земли, заменяется энергией тягловых животных, впрягаемых в более прочные рабочие орудия. Схема, иллюстрирующая внешнее воздействие на объект обработки (рис. 3), при этом не изменяется. Очевидно, что количество физической (механической) энергии, направляемой на преобразование свойств объекта обработки, при использовании тягловых животных многократно повышается.

Следовательно, появляются возможности увеличивать размеры и объемы обрабатываемых объектов. В свою очередь, расширение обрабатываемых площадей в земледелии требовало новых усовершенствований, новых технических устройств [7, 22, 24, 26].

На сохранившихся до настоящего времени рисунках народов, занимающихся земледелием, приводятся изображения рычажных механизмов. Эти первые механизмы применялись для подъема воды, которой орошались поля, возделываемые земледельцами. Орошаемые поля с растущими на них зерновыми и другими растениями давали хорошие урожаи и тем самым обеспечивали могущество и богатство народов, занимающихся земледелием. Естественное развитие земледелия с целью выращивания большего количества необходимых для питания зерновых и других растений, увеличивающиеся объемы переработки зерна, других материалов, полезных ископаемых происходило при помощи множества механизмов и механических устройств. Приведение их в действие требовало все больше и больше энергии.

Необходимое количество механической энергии стало производиться водяными колесами или ветряными мельницами, приводимыми по вращательное движение природной энергией течения воды или движения воздуха (ветра). Вращение приводных валов передавалось зубчатыми или другими механизмами на рабочие органы, инструменты. Безусловно, огромное значение при переходе на новые источники энергии имело главное свойство колеса — вращаться относительно своей оси. Это исключительно важное свойство колеса было использовано не только для перемещения колесниц, телег, но и для приведения в действие различных технических устройств.

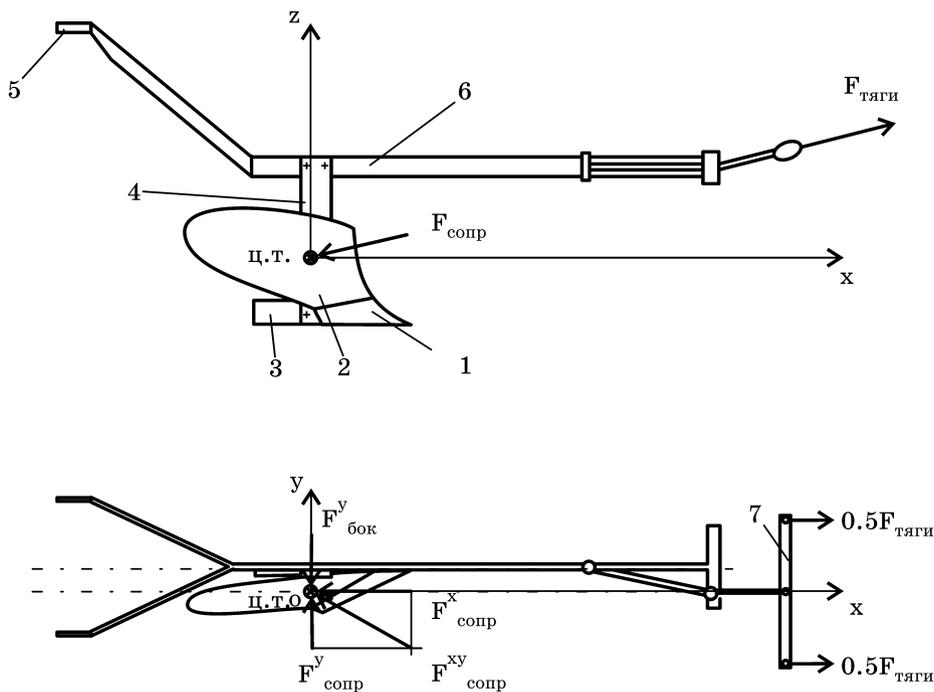


Рис. 5

Схематичное изображение конного плуга с действующими активными силами

По мере углубления рабочего инструмента в обрабатываемую почву увеличились силы сопротивления механической обработке. Экспериментальное, а впоследствии строго научное, теоретическое изучение взаимодействия почвообрабатывающего рабочего орудия, инструмента, сопровождавшее переход от ручной обработки почвы к обработке с использованием тяговых животных, а затем и более мощных машин — тракторов — обусловило не только расширение обрабатываемых площадей, но и внесение множества принципиальных изменений в конструкции почвообрабатывающих орудий.

Так, для образования борозды путем свала и оборота взрезанного и распадающегося на комки пласта почвы в одну сторону, преимущественно в правую, была увеличена площадь и кривизна поверхности рабочего инструмента — лемеха и корпуса плуга. Для уравнивания действующих при образовании борозды сил корпус плуга снабжается полевой доской, которая упирается в боковую стенку борозды, образуемой лемехом и режущей кромкой корпуса (рис. 5).

Корпусом плуга принято называть совокупность рабочих и вспомогательных элементов, закрепленных на несущем, силовом элементе — стойке. Конструктивные формы, размеры, материалы рабочих и вспомогательных элементов корпуса плуга продолжают совершенствоваться в связи с постоянной необходимостью повышения качества обработки почвы.

Постоянная модернизация конструкции плуга, других технических устройств, вызванная и обусловленная значительным (по сравнению с мускульной энергией человека) повышением энергетических воздействий на почву при ее механической обработке изменяет структуру взаимодействия почвообрабатывающего орудия с почвой (рис. 6). Объект обработки — почва, приобретает новые свойства непосредственно в ходе механической обработки и последующего использования при выращивании сельскохозяйственных растений.

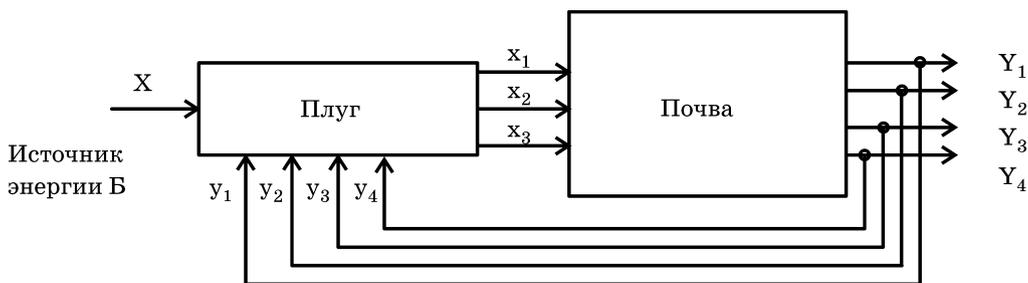


Рис. 6

Структурная схема взаимодействия орудия труда с почвой при повышении энергетических затрат на реализацию процесса

Поэтому в структуре технологического процесса обработки почвы возникают принципиально новые сигналы по качеству, количеству, физическим, химическим, биологическим свойствам обработанной почвы. Эти сигналы функционально связаны с энергетикой процесса обработки, конструктивными особенностями почвообрабатывающих машин. И, что особенно важно, в неявном виде в структуре взаимодействия возникает необходимость образования нового звена — звена управления (рис. 7).

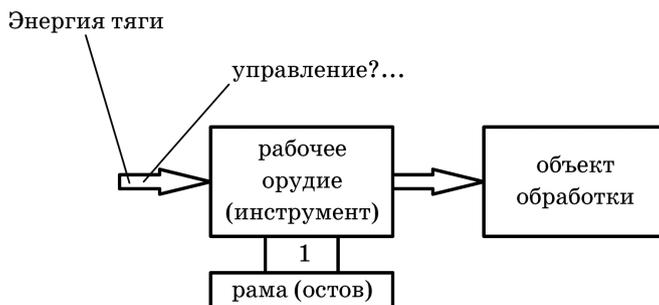


Рис. 7

Начальное структурирование сельскохозяйственного орудия — конного плуга

Также на рисунке 7 схематически показано, что при повышении энергии тяги, прикладываемой к почвообрабатывающему орудью, например плугу, в структурную схему взаимодействия орудия с объектом обработки должны вноситься некоторые дополнительные несущие звенья, а именно — несущая рама. Рама или остов орудия становится самостоятельным элементом структуры, включенным в передачу энергетического потока на обрабатывающий инструмент.

Новые естественные источники механической энергии, а именно природные силы, приводящие в полезное движение различные механические устройства, выделили характерные структурные признаки новой технической системы (рис. 8), называемой машиной.

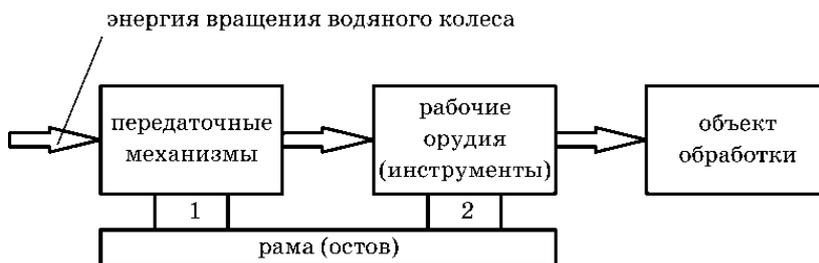


Рис. 8

Структурная схема элементарной технической системы природным источником механической энергии

Машина — техническая система, предназначенная для полной или частичной замены труда человека. Поэтому в машине рационально объединяются и связываются между собой различные механизмы, целесообразность объединения которых диктуется требованиями, предъявляемыми к выполняемым ею функциям. Эти функции, требования к машинам формируются на протяжении всего технологического развития человека.

Принципиальное отличие машины от механизма заключается в том, что в структуре машины всегда должен быть источник энергии, приводящий в движение передаточные, исполнительные механизмы или рабочие орудия (инструменты) (рис. 8). Все необходимые для воздействия на объект обработки механизмы, ра-

бочие органы (инструменты) машины объединяются в едином корпусе, раме, осто-
ве. При этом, совершенно очевидно, возникают новые структурные элемен-
ты 1 и 2, обеспечивающие рациональное взаиморасположение и взаимодействие
механизмов, рабочих органов в корпусе машины.

Структура машин

В средние века необходимость использования энергии природного движе-
ния воды или воздуха для получения различной продукции, развития торговли,
освоения новых территорий, изготовления предметов быта, инструментов, ору-
жия и других необходимых изделий привело к быстрому росту и размещению
населенных пунктов у рек и речек, в местностях с устойчивыми ветрами. Рас-
ширение границ обитания, вовлечение в хозяйственный оборот новых природ-
ных ресурсов, дальнейшее приращение богатства и могущества заставляет че-
ловека повышать эффективность своего труда, заставляет искать новые и/или
совершенствовать источники энергии для приведения в действие все большего
количества механизмов, машин и других технических систем.

Постоянное стремление человека к повышению эффективности своего
труда выражается применением новых и совершенствованием имеющихся ис-
точников энергии, приводящих в действие механизмы, машины и другие тех-
нические системы. Величайшие изобретения автономных источников механи-
ческой энергии — парового двигателя, а затем двигателя внутреннего сгорания,
обусловили высокие темпы развития промышленности, сельского хозяйства и
других отраслей жизнедеятельности человека.

Применение автономных источников механической энергии, приводящих
в действие различные механизмы и устройства без энергии течения воды или
воздуха, стремительно расширило возможности обработки значительных площа-
дей для растениеводства, расширило возможности содержания животных в соот-
ветствии с их биологическими, физиологическими и другими особенностями.
Безусловно, использование великого разнообразия механизмов и машин, создан-
ных для производства сельскохозяйственных работ, было бы невысказано без
трактора как наиболее универсальной машины, обеспечивающей необходимое
количество механической энергии, потребность в которой постоянно возрастает.

Любая машина представляет собой систему, состоящую из следующих
основных подсистем: двигателя, передаточных механизмов, исполнительных
механизмов и рабочих органов, остова (рамы, корпуса, «кузова»), блока управ-
ления функционированием машины (рис. 9).

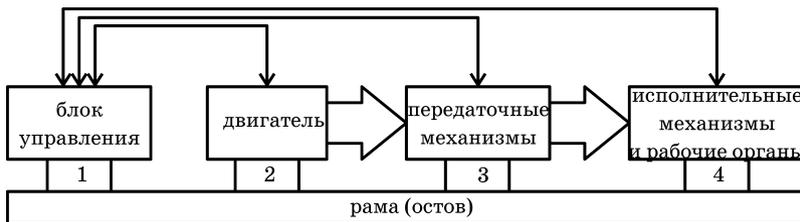


Рис. 9
Принципиальная структура традиционной машины

Установленные и закрепленные на остова (раме, кузове) посредством элементов 1, 2, 3, 4 двигатель, передаточные механизмы, исполнительные механизмы и рабочие органы, блок управления представляют собой единое целое — машину. Все подсистемы машины, в подавляющем большинстве, устанавливаются на остова, раме (кузове) машины. На рисунке 9 показано, что выработанная двигателем энергия через передаточные механизмы передается на исполнительные механизмы и рабочие органы. Блок управления связан непосредственно или опосредованно с другими подсистемами машины, обеспечивая контроль и регулирование изменения кинематических и динамических характеристик движения механизмов машины и машины в целом.

Отличие одного типа машины от другого будет проявляться в качественных и количественных характеристиках этих основных подсистем конкретного типа машины. Подсистема исполнительных механизмов и рабочих органов машины служит для исполнения машиной функций, для выполнения которых она была разработана и изготовлена. Взаимное расположение подсистем во многом зависит от назначения машин.

Например, одним из видов транспортных машин являются машины, предназначенные для перевозки людей и грузов на определенные расстояния. Следовательно, машина должна иметь исполнительные механизмы, называемые движителями, обеспечивающими ее движение в пространстве с заданными характеристиками движения.

Так, на рисунке 10 представлена структурная схема взаимного расположения (компоновки) основных частей автомобиля, как наиболее распространенной транспортной машины. Главным исполнительным механизмом и рабочим органом автомобиля являются колеса, при вращении которых автомобиль перемещается, осуществляя тем самым свою основную функцию.

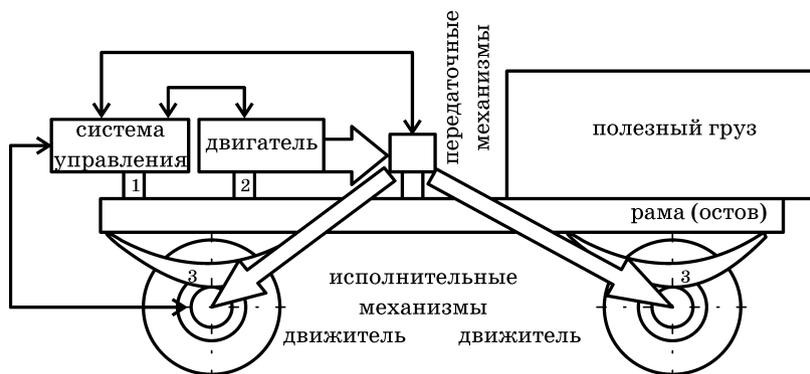


Рис. 10

Структурная схема транспортной машины — автомобиля:

1, 2, 3 — упругие элементы связи (соединения) агрегатов машины с остовом.

Собственно колеса являются движителями автомобиля. На схеме показано, что вращающий момент, созданный автономным двигателем, передаточными механизмами передается на движители. На рисунке 9 передаточные механизмы показаны стрелками. Теоретические основания движения автомобиля

устанавливают строго определенные количественные и качественные связи, закономерности между грузоподъемностью автомобиля, техническими характеристиками двигателя, передаточных механизмов и всего автомобиля в целом.

Приведенную ранее на рисунке 9 структурную схему можно трактовать также и как структурную схему конструкции и взаимного расположения (компоновки) основных частей, например, энергетической машины, созданной для выработки, например, электрической энергии.

Существенные изменения в структурной схеме машины отражены заменой на рисунке 10 блока управления на систему управления. Необходимо отметить, что блок управления прежней, традиционной машины представляет собой комбинацию механических, электрических, пневматических, гидравлических и других устройств, работающих под контролем оператора, который может осуществлять управляющие воздействия.

Сегодня значительная часть функций контроля качества работы силовых агрегатов, передаточных и исполнительных механизмов, движения машины выполняется в системе управления специальным компьютером без человека-оператора. Чувствительные элементы датчиков реагируют на малейшие отклонения значений контролируемых параметров различных частей и агрегатов машины, узлов передаточных и исполнительных механизмов и передают их на компьютер. Превышение значений параметров за пределы допустимых компьютер в автоматическом режиме осуществляет отдельные операции воздействия на характеристики двигателя, передаточных и других механизмов.

Требования, предъявляемые к конструкции, компоновке основных частей машин сельскохозяйственного назначения, кратко изложенные выше, могут быть удовлетворены, если на одном остова, раме, корпусе машины сельскохозяйственного назначения будут размещаться необходимые исполнительные механизмы для выполнения широкого круга функций.

По оценкам экспертов, достигнутый уровень автономных и мобильных энергетических мощностей различных систем сельскохозяйственного производства позволяет перейти к качественно новым машинам. Дальнейшее снижение удельных затрат энергии, повышение производительности связывается с переходом к безлюдному автоматизированному сельскохозяйственному производству. Современные достижения науки и техники уже сегодня могут избавить людей от однообразных и рутинных действий по обработке земли, посеву, сбору урожая и других операций в растениеводстве, животноводстве. На многих сельскохозяйственных предприятиях сегодня функционируют автоматизированные доильные линии на молочных фермах, линии сборки и упаковки куриных яиц, различные зерносушильные комплексы. На ряде сельскохозяйственных предприятий доение коров осуществляется принципиально новыми машинами — роботами.

Структурная схема машины существенным образом изменяется (рис. 11). В отличие от традиционной структуры машины, существенные изменения вносятся во все основные структурные составляющие, но наибольшему совершенствованию подвергаются подсистемы управления машиной.

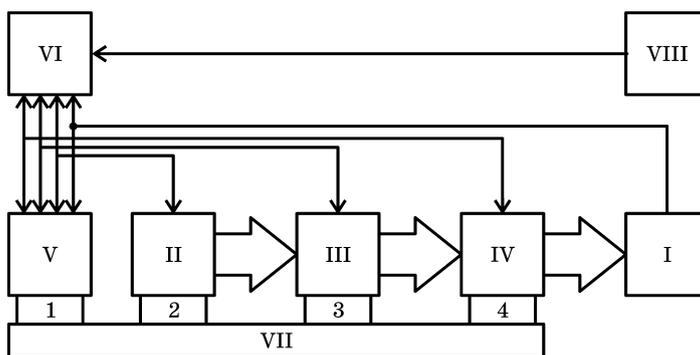


Рис. 11

Структурная схема машины нового поколения:

I — объект; *II* — двигатель; *III* — передаточные механизмы; *IV* — исполнительные механизмы; *V* — система интеллектуального управления; *VI* — информационно-измерительная система; *VII* — остов машины; *VIII* — окружающая среда; *1–4* — элементы крепления агрегатов.

Известно, что любая машина разрабатывается для выполнения определенных технологических и других операций на объекте *I*. Диапазон нагрузок и других воздействий, необходимых для преобразования объекта или объектов в полезный продукт, определяет конструкцию машины, энергетические мощности и компоновку ее агрегатов *II*, *III*, *IV*, *V*, *VI*, *VII*, узлов крепления *1–4* и других составных частей. Современные требования к качеству и количеству продукции, снижению энергетических затрат, новые информационные технологии актуализировали переход к новым системам управления функционирования машин.

Ученые, специалисты отмечают, что мировая практика внедрения современных технологий и машин в сельскохозяйственное производство осуществляется, прежде всего, в области создания интеллектуальных систем управления машинами нового поколения. Машина, обладающая системой интеллектуального управления (рис. 11), должна обеспечивать надежное автономное функционирование, адекватно реагируя на фактические характеристики и параметры обрабатываемого объекта в режиме реального времени.

Двигатели внутреннего сгорания

Изобретение автономных источников механической энергии — парового двигателя, двигателя внутреннего сгорания, электродвигателей обусловило высокие темпы развития промышленности, сельского хозяйства и других отраслей жизнедеятельности человека. Сегодня автономные источники энергии, в частности двигатели внутреннего сгорания, которые преобразуют химическую энергию горения топлива, поступающего в камеру сгорания двигателя, в энергию вращательного движения выходного вала, используются во всех сферах жизнедеятельности человека (рис. 12).

В разделе рассматриваются структурные схемы технических систем — поршневых двигателей внутреннего сгорания, наиболее распространенного вида двигателей, применяемых в качестве надежных и дешевых автономных источников механической энергии. Подробное изучение устройства, конструкции

отдельных элементов, деталей, узлов и агрегатов поршневых двигателей внутреннего сгорания выходит за рамки данного учебного пособия.

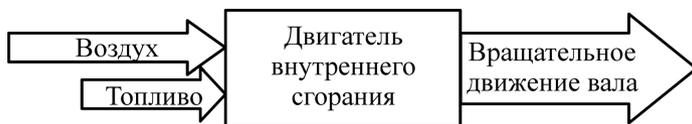


Рис. 12

Структурная схема преобразования химической энергии горения в механическую энергию

Преобразование химической энергии горения топлива в механическую энергию вращения выходного (коленчатого) вала поршневого двигателя внутреннего сгорания осуществляется кривошипно-шатунным и газораспределительным механизмами. Основными деталями (звеньями) кривошипно-шатунного механизма двигателя являются: поршень, шатун и кривошип коленчатого вала (рис. 13). Геометрическая форма, материал и другие мельчайшие особенности каждой детали (звена) механизма устанавливаются расчетными методами и должны придать детали необходимые свойства, обеспечивающие выполнение назначенных функций. Так, конструкция поршня кривошипно-шатунного механизма должна воспринимать быстрое повышение, в течение тысячных долей секунды, давления и температуры газов при горении топлива в надпоршневом пространстве при рабочем ходе и создавать необходимый уровень вакуума при холостом ходе.

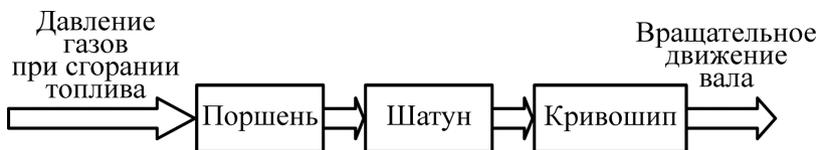


Рис. 13

Структурная схема работы кривошипно-шатунного механизма двигателя внутреннего сгорания при рабочем ходе

Давление газов, выделяющихся при горении топлива в надпоршневом пространстве бензинового двигателя при рабочем ходе, за 1–2 мкс возрастает до 3–5 МПа, температура — до 2300–2400°K. Поршень под действием возрастающего давления газов поступательно перемещается внутри направляющего цилиндра и подвижно соединенным с ним шатуном передает усилие на кривошип (звено, совершающее циклическое вращательное движение на полный оборот вокруг неподвижной оси), который поворачивается при рабочем ходе поршня на половину оборота.

Надпоршневое пространство, в котором осуществляется процесс горения топлива при рабочем ходе, герметично ограничивается отдельной корпусной деталью, называемой головкой цилиндра двигателя (рис. 14). Конструкция головки цилиндра современного двигателя достаточно сложная потому, что в ней должны быть каналы поступления в надпоршневое пространство топлива и воздуха, каналы вывода отработанных газов, размещены детали газораспреде-

лительного механизма и других устройств, обеспечивающих эффективность циклического процесса работы двигателя. В современных многоцилиндровых двигателях кривошипно-шатунные механизмы объединяются в едином блоке цилиндров, а газораспределительные механизмы — в зависимости от конструкции блока цилиндров (рис. 14).

Выше было показано, что поршень кривошипно-шатунного механизма совершает за один оборот вала рабочий и холостой ходы. Очевидно, что для получения вращательного движения выходного (коленчатого) вала двигателя в одном направлении необходимо совместное согласованное взаимодействие кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов.

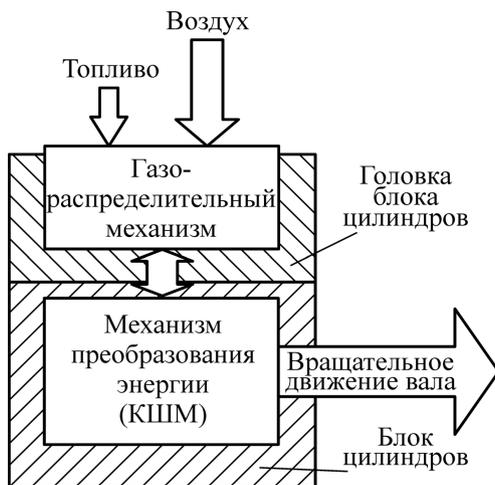


Рис. 14

Структурная схема взаимодействия кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов двигателя

Следовательно, движение деталей кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов должно выполняться в строго определенной, периодически повторяющейся, циклической последовательности, называемой рабочим циклом двигателя. Процесс перемещения поршня из одного крайнего положения в другое называется тактом. Двигатели внутреннего сгорания по числу тактов рабочего цикла могут быть четырехтактными или двухтактными.

Физические, химические, конструктивные принципы, реализуемые в рабочих процессах четырехтактных двигателей, обладают высоким потенциалом совершенствования, прежде всего, характеристик мощности, ресурсосбережения, экологичности и так далее. Поэтому современные четырехтактные дизельные двигатели получили большое распространение как автономные источники механической энергии, в первую очередь, в производстве сельскохозяйственной продукции.

В течение исторически короткого периода времени (около 100 лет) с начала промышленного производства устройство и конструкции двигателей внутреннего сгорания постоянно совершенствуются и модернизируются. Например, наряду с поршневыми двигателями внутреннего сгорания разрабатываются

и интенсивно развиваются турбинные двигатели, в которых химическая энергия горения топлива непосредственно преобразуется во вращательное движение выходного вала. В поршневых двигателях существенно изменяются устройство и конструкции газораспределительных механизмов, разрабатываются и успешно развиваются новые системы подачи топлива и воздуха, вывода отработанных газов.

В бензиновых двигателях образование топливовоздушной смеси с известными пропорциями частиц топлива и воздуха осуществлялось в специальном приборе — карбюраторе. Упрощенное, схематическое изображение взаимного расположения основных деталей и устройств в начале такта впуска показано на рисунке 15.

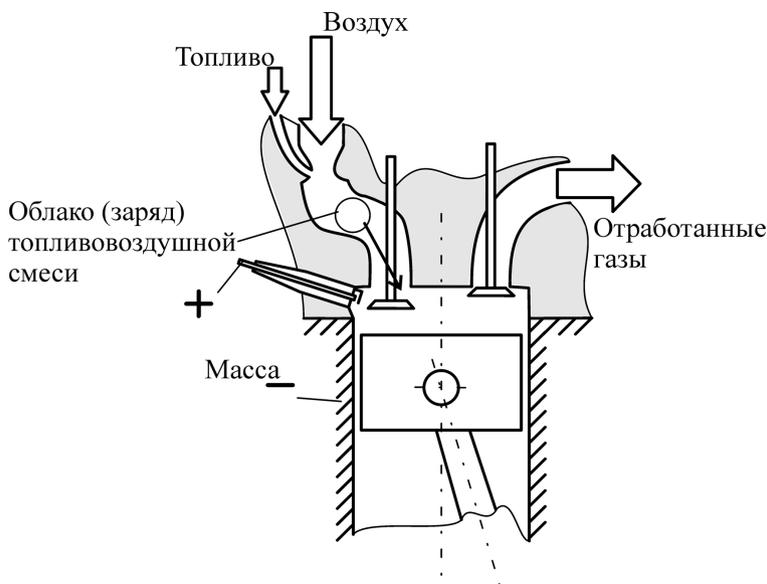


Рис. 15

Схема образования топливовоздушной смеси в карбюраторном бензиновом двигателе в начале такта впуска

При движении поршня вниз в одноцилиндровом двигателе под действием массовых сил инерции (маховика) или рабочего хода поршня в многоцилиндровом двигателе в надпоршневое пространство рассматриваемого цилиндра при открытом клапане впускается очередная порция топливовоздушной смеси. Новая порция смеси образуется за счет ускорения воздушного потока в диффузоре карбюратора, увлекающего за собой мелкие частицы топлива, подведенного по каналам малого сечения к отверстиям в стенках диффузора. В последующем, после тактов впуска и сжатия, искрой (электрическим разрядом) между электродами свечи зажигания запускается процесс горения новой порции образованной топливовоздушной смеси.

Таким образом, количество и качество топливовоздушной смеси в карбюраторном бензиновом двигателе зависит от ряда трудно контролируемых факторов: диаметров топливных каналов, размеров и размещения топливных отверстий

в воздушном канале, скорости воздушного потока, свойств электрического разряда, физических и химических свойств топлива, воздуха и т. п. Краткое перечисление факторов, вносящих определяющий вклад в стабильность и эффективность процессов горения и роста давления газов в надпоршневом пространстве, указывает на принципиальные недостатки карбюраторных бензиновых двигателей. Поэтому применение и производство карбюраторных двигателей внутреннего сгорания практически прекращено.

В настоящее время современные бензиновые двигатели оснащаются инжекторной системой подачи топлива.

В такой системе подача топлива непосредственно в надпоршневое пространство осуществляется специально сконструированным устройством — инжектором или форсункой, представляющим собой в элементарном виде некоторый струйный насос, подобный ручному велосипедному насосу без вкрученного в выходное отверстие шланга (рис. 16). Такая система подачи топлива обладает рядом преимуществ: точное дозирование порции топлива, улучшение наполнения надпоршневого пространства, снижение токсичности выхлопных газов, а также других, совместное действие которых выражается значительным повышением мощности двигателя — более чем на 10%.

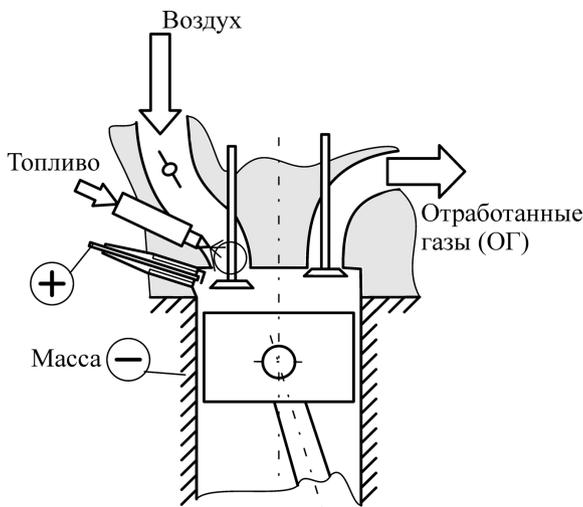


Рис. 16

Схема впрыска топлива в инжекторном бензиновом двигателе

Однако наиболее значимым преимуществом инжекторной системы подачи топлива, по сравнению с карбюраторной, является возможность приготовления оптимального состава топливовоздушной смеси в зависимости от условий выполнения двигателем своих эксплуатационных функций. Эта возможность реализуется собственно конструкцией форсунки (инжектора), установлением связи между исполнительным органом форсунки и датчиками контроля качества, количества топливовоздушной смеси, нагруженности двигателя, температуры охлаждающей жидкости, положения коленчатого вала, температуры поступающего воздуха и других параметров.

В настоящее время инжекторные системы подачи топлива продолжают совершенствоваться с целью дальнейшего повышения эффективности преобразования химической энергии горения топлива в механическую энергию вращательного движения выходного вала двигателя.

Контрольные вопросы и задания по разделу 1.2

1. Представить графически (в любом формате и в любой форме) преобразование химической энергии горения топлива в механическую энергию движения элементов двигателя.

2. Представить графически в виде столбчатой диаграммы распределение полезной энергии и потерь энергии при преобразовании энергии горения топлива на паровом двигателе и двигателе внутреннего сгорания.

3. Установить аналогию структуры машины со структурными элементами человека и другими представителями животного мира. Провести анализ между основными геометрическими размерами и массовыми характеристиками выбранных объектов.

1.3. Автоматическое регулирование и управление

Исследователи развития сельского хозяйства в мире утверждают, что применение машин при производстве сельскохозяйственной продукции можно разделить на отдельные периоды. Так, самый длительный период до широкого использования машин на тяжелых сельскохозяйственных работах длился практически до XX в. Применение автономных энергетических средств — тракторов и автомобилей — позволило механизировать тяжелый физический труд, отказаться от мало эффективной тягловой энергии животных, существенно усовершенствовать, модернизировать и создать новые сельскохозяйственные орудия и агрегаты. Механизация и электрификация всего спектра сельскохозяйственных работ в короткий период (несколько десятилетий) в десятки и сотни раз повысили производительность труда, способствовали расширению площади обрабатываемых сельскохозяйственных угодий, росту поголовья скота, птицы и продукции других отраслей сельского хозяйства во всех странах мира.

Фундаментальные открытия и работы ученых, инженеров, специалистов разных отраслей науки и техники создали технические и технологические возможности получения и переработки в микроскопические промежутки времени огромных массивов информации, отражающих протекание множества физических, химических, биологических, физиологических и других процессов. Эти достижения имеют особую значимость для всех отраслей сельскохозяйственного производства. В наши дни сельскохозяйственная продукция все больше и больше производится высокоэффективными машинными технологиями, роботизированным оборудованием, цифровыми системами. Цифровые технологии и современные технические средства: микропроцессоры, сотовая связь, облачные вычисления, методы анализа больших данных и другие позволяют внедрять и развивать новые технологии ведения сельскохозяйственных работ.

В данном разделе кратко рассматриваются некоторые важные научно-технические открытия, законы и закономерности окружающего нас мира, составившие фундамент цифровых технологий: кибернетики, микроэлектроники, теорий автоматического регулирования и управления технологическими процессами электронно-вычислительных машин (ЭВМ) и компьютеров, теорий информатики и т. п.

Активное использование выявленных открытий, законов и закономерностей взаимодействия предметов, внутренней структуры материалов позволяет человеку непрерывно совершенствовать машины и другие технические средства. Естественная последовательность и непрерывность совершенствования технических средств, возникновения новых знаний иллюстрируется на примере регулятора Уатта, послужившего началом формирования важной составной части цифровых технологий — теорий автоматического регулирования и управления технологическими процессами.

Необходимость регулирования поступления пара в паровые машины без вмешательства человека обусловила разработку специальных устройств, которые стали первыми техническими средствами автоматики и автоматизации производственных процессов. Одним из таких устройств является автоматический поплавковый регулятор уровня воды в котле, разработанный в 1765 г. изобретателем первой в России паровой машины И. И. Ползуновым, и широко применяющийся в различных системах до настоящего времени. Но наиболее полно основные принципы автоматического регулирования были представлены в центробежном регуляторе скорости вращения вала паровой машины, изобретенном в 1784 г. шотландским инженером Джеймсом Уаттом (рис. 17).

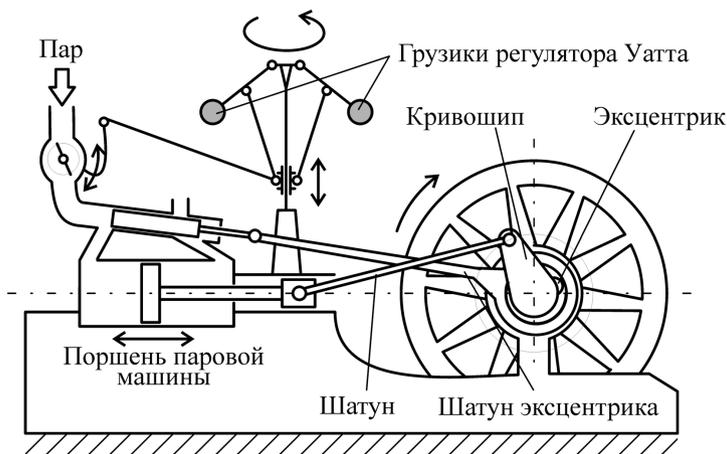


Рис. 17

Условно схематическое изображение паровой машины с регулятором Уатта (выделен не пропорционально большими размерами)

Как видно из условно конструктивного изображения паровой машины на рисунке 17, в соответствии с законами механики вращающий момент на выходном вале машины зависит только от длины кривошипа и давления пара при рабочем ходе поршня кривошипно-шатунного механизма. Значит, при повыше-

нии рабочей нагрузки машина может остановиться, а при малых нагрузках угловая скорость вращения вала (колеса-маховика) будет расти. Эта закономерность наблюдается каждым пешеходом, велосипедистом или водителем автомобиля — при подъеме в гору или при спуске с горы.

Поэтому для поддержания необходимой кинетической энергии вращения выходного вала паровой машины в определенных пределах без участия человека в регулировании подачи пара в рабочий цилиндр Д. Уатт разработал автоматический регулятор скорости вращения вала (на рисунке регулятор выделен не пропорционально большими размерами).

На рисунке 17 показаны кривошипно-шатунный механизм паровой машины и эксцентрикковый механизм. Рабочий поршень перемещается в цилиндре и шатуном приводит во вращательное движение кривошип жестко соединенный с валом рабочего колеса-маховика. Эксцентрик (кривошип) второго механизма посредством шатуна перемещает ползун золотника, открывающего или отсекающего доступ пара в цилиндр в определенный промежуток времени рабочего цикла машины. Поступление пара регулируется поворотом установленной в паропроводе заслонки, шарнирно связанной тягой с втулкой, свободно перемещающейся вдоль вертикального валика регулятора.

Для описания работы автоматически регулирующего устройства на рисунке 18 представлена условно конструктивная схема механической связи регулятора с выходным валом, устроенной на обратной стороне паровой машины. На выходном валу жестко закреплено ведущее коническое зубчатое колесо первой ступени механизма передачи вращения на вертикальный валик регулятора Уатта. При вращении вертикального валика с установившейся угловой скоростью, шарнирно закрепленные на концах рычагов грузики под действием уравновешенной системы центробежных сил и сил тяжести вращаются в плоскости равновесного состояния, а подвижная втулка поддерживает определенный угол поворота заслонки паропровода.

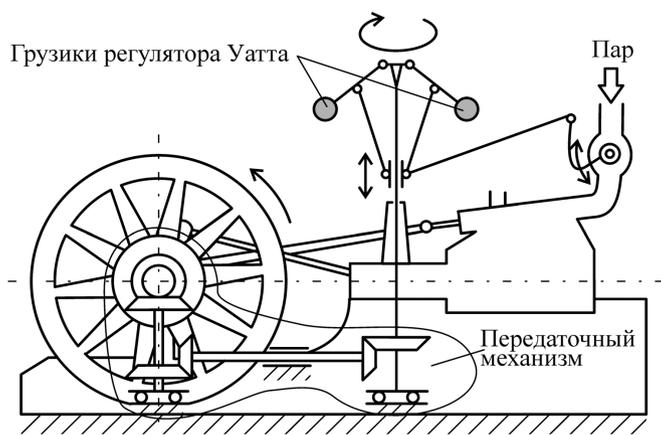


Рис. 18

Условно конструктивная схема механической связи регулятора с выходным валом паровой машины

В случае роста рабочей нагрузки вращение колеса машины замедляется, равновесное положение вращающихся вокруг вертикального валика грузиков нарушается. Механическая система с грузиками стремится в новое равновесное состояние, отвечающее меньшим значениям центробежных сил (силы тяжести элементов, естественно, остаются прежними). Подвижная втулка, перемещаясь вниз, поворачивает заслонку, обеспечивая больший расход пара в паропроводе. Поступление пара в рабочий цилиндр нарастает, в результате возрастает угловая скорость вращения колеса машины. Повышенная скорость вращения колеса передаточным механизмом регулятора передается на вертикальный валик. Окружная скорость движения грузиков, шарнирно закрепленных на вертикальном валике, и центробежные силы возрастают, механическая система с грузиками стремится перейти в новое равновесное состояние. Подвижная втулка перемещается вверх, ограничивая расход пара, поступающего в рабочий цилиндр.

Оснащение паровой машины автоматическим регулятором поступления пара в рабочий цилиндр значительно улучшило эксплуатационные свойства машины. Паровая машина с автоматическим регулятором приобрела способность наращивать кинетическую энергию вращения рабочего колеса-маховика при необходимости преодоления больших нагрузок или снижать количество вырабатываемой механической энергии при малых рабочих нагрузках.

Идея управления рабочими процессами машин специальными техническими устройствами получила признание и стала совершенствоваться. Повышение мощности эксплуатируемых паровых машин, рабочих скоростей вращения колес-маховиков и, очевидно, элементов центробежных регуляторов выявили их существенные недостатки, которые привлекли внимание ученых на ряд фундаментальных проблем, требующих решения. Прежде всего, конструктивные недостатки, связанные с неизбежно возрастающими при высоких скоростях силами инерции маховиков, грузиков и других деталей механических регуляторов, привели к необходимости разработки теории систем автоматического управления технологическими процессами. Возникли проблемы устойчивости протекания любых рабочих процессов, формализации и математического описания процессов регулирования и управления сложными техническими системами и процессами.

В теории систем автоматического регулирования и управления любые технические объекты (процессы) рассматриваются как объекты, преобразующие энергию, получаемую от других объектов или окружающей среды, и передающую энергию в удобно преобразованном виде следующим, связанным (соединенным) с ними, объектам. Связь объектов, взаимодействующих между собой в ходе выполнения назначенных им функций, отражается сигналами, обладающими определенными физическими, химическими и другими свойствами. Так, в соответствии с принятыми в теории систем автоматического регулирования и управления правилами, структурную схему регулирования работы паровой машины с регулятором Уатта можно представить в следующем виде (рис. 19).

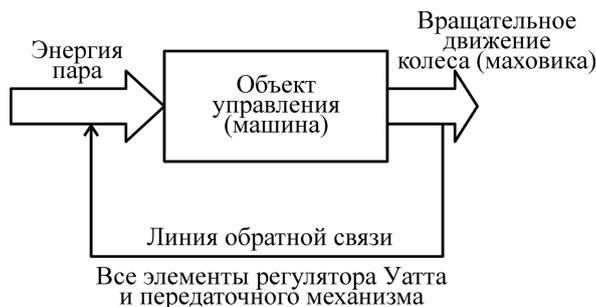


Рис. 19

Структурная схема регулирования работы паровой машины

В структурных схемах обычные механические, электрические, химические и/или другие воздействия на объекты регулирования и управления обозначаются входными или выходными стрелками-сигналами, например: сила, момент силы, давление, электрическое напряжение, сила тока, акустическая волна, частота электрического тока и т. п. Объект регулирования или управления, в нашем случае паровая машина, обозначен в структурной схеме прямоугольником. Слева фигурной стрелкой обозначен входной (управляющий), воздействующий на объект управления, сигнал с надписью «энергия пара». Машина преобразовывает поступивший входной сигнал (энергию пара) в выходной сигнал — механическую энергию вращательного движения колеса-маховика, также обозначенную фигурной стрелкой. Важнейшим и неотъемлемым элементом любой системы управления или регулирования является обратная связь, устанавливаемая между выходным и входным сигналами (выходом и входом). На рисунке 19 обратная связь обозначена в виде ломаной линии, фактически отражающей собой все элементы регулятора Уатта и передаточного механизма.

Принципиальное значение в дальнейшем развитии теорий систем автоматического регулирования и управления рабочими процессами, развитии цифровых технологий имеет представление любых физических величин, отражающих естественные и искусственные процессы окружающего мира, как носителей общей материальной субстанции — информации, самостоятельного автономного понятия. В современных цифровых технологиях информацией являются любые обобщенные, отдельные или единичные, систематизированные или разрозненные сведения о свойствах, параметрах, законах и закономерностях взаимодействия объектов регулирования и управления.

Цифровые устройства и контроллеры

Проблемы оценки количества и качества информации в процессах ее приема, обработки, передачи, хранения постоянно находятся в поле изучения ученых и специалистов различных отраслей науки и техники. Одним из успешных примеров эффективного решения проблем устойчивого управления сложными техническими системами на основе перспективных триггерных устройств и двоичной формы представления информации является создание в 1951 г. под руководством профессора С. А. Лебедева первой в Европе цифровой электронной вычислительной машины. Эта цифровая ЭВМ пришла на смену им же раз-

работанным аналоговым вычислительным устройствам, позволявшим решать системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Относительно высокая эффективность ЭВМ, построенной на новых, вышеуказанных принципах, была подтверждена успешным решением множества важных государственных задач промышленности, сельского хозяйства, обороноспособности нашей страны.

Элементную основу первой цифровой ЭВМ составляли электронные лампы импульсные приборы, собранные в синхронно работающие триггерные схемы, обеспечившие максимально возможную на тот период скорость приема, обработки, передачи информации, автоматического программного управления. Большие практические возможности применения ЭВМ в различных сферах жизнедеятельности человека, прежде всего в автоматизации физического и умственного труда, повышении эффективности машин, сложных технических систем обусловили стремительное совершенствование элементной базы. Электронные вакуумные лампы были вытеснены полупроводниковыми транзисторами, а разработка промышленной технологии монтажа интегральных схем (чипов) на микропластинках кремния стала началом наступления современного этапа микроэлектроники и дальнейшего развития цифровых технологий.

Менее чем 40 лет тому назад была разработана технология построения на одном кристалле интегрального микропрограммируемого вычислительного устройства — микропроцессора, прочно и основательно занявшего свое место в нашей повседневной жизни.

Развитие компьютерных технологий в большой степени мотивировалось необходимостью совершенствования технических средств автоматического регулирования и управления технологическими процессами. Например, управляющие машины на полупроводниках, разработанные под руководством академиков В. М. Глушкова, А. Л. Минца, профессора М. А. Карцева, применялись в управлении выплавкой специальных сталей, химических производств, космических полетов, системами контроля космического пространства и предупреждения о ракетном нападении. В ведущих странах мира вычислительная техника в виде управляющих ЭВМ, позднее названных программируемыми логическими контроллерами (компьютерами), используется для управления ходом рабочих процессов на промышленных предприятиях, ими осуществляется измерение, обработка физических параметров процессов, расчет и реализация управляющих воздействий в режиме реального времени с точностью в нано-, пикосекунды.

Промышленные программируемые контроллеры, начиная с отечественного «Ремиконт Р-100», зарубежных «Modicon 084» и других, широко используются в автоматизированных системах управления технологическими процессами. Персональные компьютеры, микропроцессоры, микроконтроллеры и другие технические средства, устройства стали постоянными атрибутами повседневной жизни человека. На рисунке 20 изображена структурная схема микроконтроллера, в которой едиными фигурными стрелками представлены многочисленные (исчисляемые несколькими сотнями) аналоговые и дискретные сигналы взаимодействия микропроцессора с окружающей средой, с объектами регулирования и управления, с операторами, с другими внешними устройствами и системами.

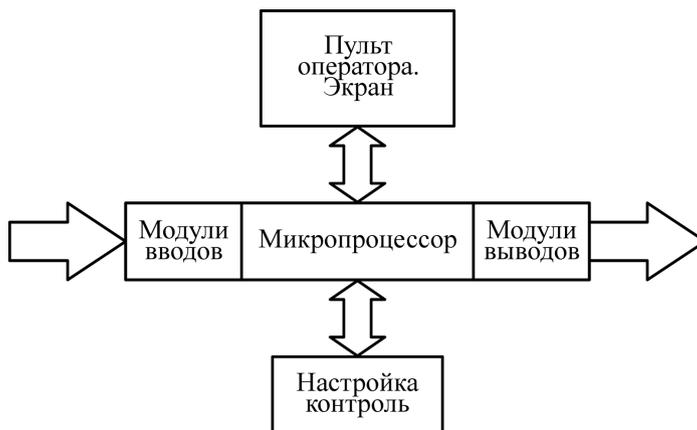


Рис. 20

Структурная схема промышленного микроконтроллера

Контрольные вопросы и задания по разделу 1.3

1. Представить графические изображения (в любой форме и любом формате) бытовых автоматических устройств. Составить описание устройств, указать последовательность работы автоматических устройств.

2. Представить графические изображения (в любой форме и любом формате) автоматических устройств, применяемых в окружающих вас технических системах. Это могут быть автомобили, тракторы, мотоциклы, различные электрические, электронные или механические системы. Составить описание работы устройств и систем.

3. Разработать доклад по электронным и микросистемным приборам регулирования и управления техническими системами (желательно групповой) по материалам из сети Интернет. Выступить с докладом и содокладами на практических занятиях или семинаре.

ГЛАВА 2. МАШИННО-ТРАКТОРНЫЕ АГРЕГАТЫ

Сельскохозяйственные производственные процессы практически полностью механизированы и электрифицированы. Сегодня количество и качество сельскохозяйственной продукции определяется эффективностью применения машин, механизмов. Специфика сельскохозяйственного производства: сезонность производства продукции, необходимость длительного автономного применения машин, сохранения гарантированной работоспособности машин при их эксплуатации в различных, порой экстремальных, условиях требует постоянного совершенствования сельскохозяйственных машин, повышения энергетической вооруженности труда производителей сельскохозяйственной продукции.

Изначально, в трудоемких технологических процессах земледелия, растениеводства появилось и продолжает развиваться применение сельскохозяйственных орудий, рабочих органов с тяговыми техническими средствами, главным образом — трактором. Широкое использование трактора совместно с сельскохозяйственными орудиями для расширения пашни, обработки почвы, уборки урожая сельскохозяйственных культур и других работ обусловило к распространению нового вида машин, названных машинно-тракторным агрегатом [6, 8, 10, 17].

2.1. Трактор — автономный источник энергии в составе машинно-тракторного агрегата

Трактор — это безрельсовое техническое средство, которое преимущественно предназначено для применения в качестве тягача. Термин «трактор» произошел от латинского слова «trahō», означающего «тянуть», «тащить».

Одним из основных отличительных требований к устройству и конструкции трактора является требование к его способности развивать высокие тяговые усилия, обеспечивающие выполнение работ, сопряженных с преодолением сил сопротивления почвы и других грунтов при их разрушении, перемещении и т. п. Конструкция трактора должна обеспечивать возможность закрепления, перемещения и выполнения рабочих действий агрегируемых с ним специальных технологических средств, предназначенных для производства операций обработки земли, растений и многого другого. Именно поэтому в настоящее время в сельскохозяйственном производстве предпочтительно рассматривать трактор в качестве мобильного энергетического средства [15, 24, 26].

Указанные выше особенности обуславливают специальные требования к выбору технических возможностей силовых и несущих систем трактора — мобильного энергетического средства. Двигатель трактора, передаточные механизмы, другие силовые и несущие системы должны одновременно обеспечивать:

- движение с заданными скоростями по грунтам с различными физико-механическими свойствами;
- преодоление сил сопротивления движению, создаваемых установленными на тракторе рабочими орудиями и другими технологическими средствами при выполнении операций технологических процессов растениеводства;

- генерирование и передачу активных нагрузок, необходимых для приведения в действие исполнительных механизмов установленных на тракторе рабочих орудий и других технологических средств, выполняющих операции технологических процессов растениеводства.

Известно, что перемещение любой машины, прежде всего колесной, по твердой опорной поверхности происходит в результате перекатывания колеса-двигателя, опирающегося на эту опорную поверхность. Двигатель трактора — это выходное звено передаточного механизма, на которое передается вращательное движение, созданное двигателем трактора.

По типу двигателя различают колесные и гусеничные тракторы (рис. 21).

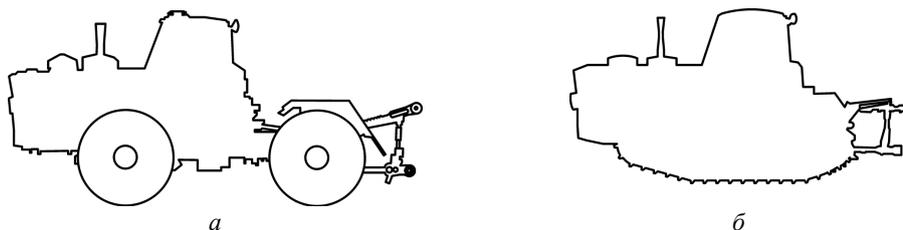


Рис. 21

Вид сбоку трактора Т150:

a — с колесным двигателем; *б* — с гусеничным двигателем.

Колесные тракторы развивают, по сравнению с гусеничными тракторами, большую скорость, однако сила сцепления колес с почвой существенно ограничена. Поэтому, как правило, колесные тракторы имеют приводы на все колеса с пневматическими шинами низкого, сверхнизкого давления и среднего давления. Повышение качества сцепления колесных тракторов с грунтом достигается за счет специального рисунка протектора пневматических шин ведущих колес, как правило, в виде «разрезанной елочки» с грунтозацепами. Протектор шин управляемых колес имеет продольные канавки, которые значительно повышают управляемость движения трактора, препятствуя боковому скольжению колес.

Для снижения давления на почву колесные тракторы оснащаются колесами с широкопрофильными арочными шинами или сдвоенными колесами. Сдвоенные колеса обеспечивают снижение давления на почву, повышение тяговых свойств машины, равномерное распределение массы трактора, оборудования, навесных и прицепных агрегатов на заднюю и переднюю оси.

Гусеничные тракторы, безусловно, развивают меньшее давление на почву, так как их движение осуществляется по непрерывной гусеничной ленте, представляющей собой «искусственную дорогу», оснащенную специальными конструктивными элементами, обеспечивающими необходимое сцепление ленты с опорной поверхностью (рис. 21б).

Взаимодействие колеса-двигателя машины (трактора определенной массы) с твердой опорной поверхностью в зоне контакта в состоянии покоя выражается уравновешенной вертикальной системой сил: активной силы тяжести машины G_1 и реактивной R_1 . Взаимодействие двигателя с опорной поверхностью, при прямолинейном равномерном движении колесного трактора, также допол-

няется уравновешенной системой: касательной силой тяги $P_{\text{кас. тяги}}$, действующей в зоне контакта колеса с поверхностью, и толкающей силой $P_{\text{толк.}}$, приложенной к внутренней неподвижной обойме подшипника колеса-двигителя трактора (рис. 22). Именно этой парой сил уравновешивается активный вращающий момент $M_{\text{вр. колеса}}$ на выходном валу конечной ступени передаточного механизма.

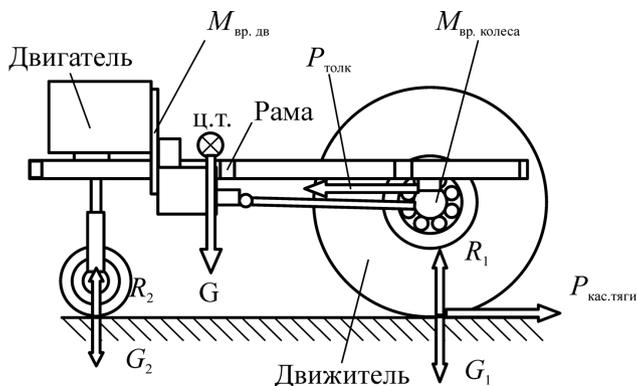


Рис. 22

Активные и реактивные силы, действующие на колесный трактор при его движении

Момент $M_{\text{вр. колеса}}$ выходного вала конечной ступени передаточного механизма через шпильки или болты крепления диска колеса к фланцу вала вращает колесо, которое опирается («отталкивается») от опорной поверхности. Следовательно, уровень тяговых усилий трактора, передвигающегося по опорной поверхности (дороге, почвенным и другим грунтам), зависит от массы машины, качества сцепления движителя машины с опорной поверхностью, сил сопротивления рабочих орудий, технологических средств и т. д.

Числовое значение касательной силы тяги трактора $P_{\text{кас. тяги}}$ равно

$$P_{\text{кас. тяги}} = \frac{M_{\text{вр. колеса}}}{r_{\text{колеса}}}.$$

Очевидно, численное значение момента $M_{\text{вр. колеса}}$ выходного вала конечной ступени передаточного механизма может быть существенно другим, чем значение исходного вращающего (крутящего) момента $M_{\text{дв.}}$, созданного двигателем трактора, так как передаточные механизмы будут выполнять свою миссию, а именно — изменять число оборотов и значения моментов сил. Ощутимые энергетические потери возникают при преодолении сил трения в подшипниковых узлах механизмов, других эксплуатационных сил и моментов сил сопротивления движению деталей и частей механизмов. Эти энергетические потери оцениваются коэффициентом полезного действия передаточных механизмов $\eta_{\text{тр}}$, тогда момент $M_{\text{вр. колеса}}$ выходного вала конечной ступени передаточного механизма равен

$$M_{\text{вр. колеса}} = M_{\text{дв.}} i_{\text{п.м.}} \eta_{\text{тр}},$$

где $i_{\text{п.м.}}$ — передаточное отношение передаточных механизмов; $\eta_{\text{тр}}$ — коэффициент полезного действия механизмов.

В описаниях машин и в справочных данных практически всегда указываются следующие технические характеристики двигателя внутреннего сгорания трактора: номинальная мощность N_e (кВт) двигателя, число оборотов n (об/мин) коленчатого вала двигателя. Значительно реже приводятся значения вращающего (крутящего) момента $M_{вр}$ (кН·м) при определенном числе оборотов коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания и другие необходимые параметры (табл. 6).

Таблица 6

Отдельные технические характеристики ряда дизельных двигателей

Марка двигателя	Номинальная мощность, кВт	Частота вращения коленчатого вала, об/мин (c^{-1})	Максимальный крутящий момент, Н·м	Удельный расход топлива, г/кВт·ч
ЯМЗ-240БМ2-4	220,6	1900	1275/1300	224
Д-160	128	1250	1050	228
А-41	69	1750	442	238
СМД-14БН	58,8	1800	—	248
Д-240	55,2	2200	247,7	—
Д-21А1	19,5	1800	102,5	235

Необходимо отметить, что мощность двигателя

$$N_e = M_{дв}n \text{ [Вт]} = M_{дв}n \text{ [Нмс}^{-1}\text{]} = M_{дв}n \text{ [кгс}^{-2}\text{мс}^{-1}\text{]}.$$

Общепринято тяговый баланс сил, необходимый для функционирования трактора в составе машинно-тракторного агрегата, представлять в виде

$$P_{\text{кас. тяги}} = P_{\text{крюке}} + P_f \pm P_\alpha \pm P_w \pm P_i,$$

где $P_{\text{крюке}}$ — тяговое усилие трактора; P_f — сила сопротивления движению трактора; P_α — сила сопротивления подъему трактора на уклон; P_w — сила сопротивления воздуха; P_i — силы инерции движущихся частей трактора.

Применение тракторов преимущественно для сельскохозяйственных работ обусловило определенные требования к конструкции движителей тракторов, с целью получения качественного сцепления движителя с почвенными грунтами различных свойств и структуры.

Выше было показано (рис. 22), что касательная сила тяги $P_{\text{кас. тяги}}$ зависит не только от массы машины, но и от качества сцепления движителя машины с опорной поверхностью, сил сопротивления рабочих орудий, технологических средств и т. д. Собственно качество «отталкивания» колеса трактора при его взаимодействии с почвой, правильнее — величина реактивной силы $P_{\text{сц}}$ воздействия почвы в зоне контакта на колесо трактора, зависит от: физико-механических свойств почвы; состояния растительного покрова; веса трактора, приходящегося на движитель, и других факторов. Поэтому специалисты выделяют величину максимальной силы сцепления $P_{\text{сц}}^{\text{max}}$, равную значению реактивной силы $P_{\text{сц}}$, при которой коэффициент сцепления движителя трактора с почвой μ не меньше некоторых экспериментально установленных значений (табл. 7).

Таблица 7

Примерные значения коэффициента сцепления μ тракторов [10]

Характер поверхности	Диапазон значений μ	
	колесные	гусеничные
Сухой плотный грунт, залежь, сильно уплотненная стерня (суглинистые почвы)	0,8–0,9	~1,0
Стерня нормальной влажности, поле из-под кукурузы или подсолнечника (суглинки)	0,7–0,8	0,9–1,0
Суглинистое поле, подготовленное под посев, или свежеспаханное, а также пар и стерня супесей	0,5–0,7	0,7–0,9
Снежная дорога	~0,3	0,5–0,7
Глубокая грязь	~0,1	0,3–0,5
Влажный песок	0,4–0,5	0,5–0,6

Тяговое усилие сельскохозяйственного трактора $P_{\text{крюке}}$ является важнейшим классификационным признаком, знание величины которого применяется для решения вопросов агрегатирования (комплектования) машинно-тракторного агрегата. Как показано выше, тяговое усилие на крюке $P_{\text{крюке}}$ существенным образом зависит от типа ходовой системы трактора и его эксплуатационной массы. В таблице 8 приведены сравнительные данные по диапазонам тяговых усилий тракторов отечественного производства в сопоставлении с мощностью N двигателя и массы трактора.

Таблица 8

Классификация тракторов по тяговому усилию

Тяговый класс	Номинальное тяговое усилие, кН	Мощность, кВт	Масса, т
0,2	1,8–5,4	6–7,5	до 0,53
0,6	5,4–8,1	18–22	1,5
0,9	8,1–12,6	36–55	2,6
1,4	12,6–18	44–74	2,9
2	18–27	51–114	до 5
3	27–36	70–125	6,3
4	36–45	100	до 8
5	45–54	100–224	12–14
6	54–63	220–294	до 12
7	63–72	220–294	до 12

Каждый тяговый класс представляется базовыми моделями (марками) трактора и его модификациями.

Марка трактора — это условное закодированное обозначение определенной модели трактора оригинальной конструкции. Ранее было принято в обозначении марки трактора буквами указывать завод, на котором изготовлен трактор. Обычно это были первые буквы названия завода, например: МТЗ — трактор изготовлен на Минском тракторном заводе, расположенном в городе Минске, столице Республики Беларусь, ВТЗ — Владимирский тракторный завод в городе Владимире, столице Владимирской области Российской Федерации. Через черточку в обозначении марки трактора обычно указывается мощность двигателя в лошадиных силах или номер модели. В настоящее время

в обозначении марки трактора изготовители используют наименование компании или фирмы, которой принадлежит завод, например, современные тракторы, выпускаемые на тракторном заводе в городе Владимире, имеют обозначение «Агромаш 50 ТК», «Агромаш 60 ТК». Число после буквенного обозначения также указывает мощность трактора в лошадиных силах, буква «Т» — трактор, буква «К» — колесный.

Кратко о конструкции и устройстве тракторов

Трактор, как и любая другая машина, состоит из следующих основных частей или систем: остова, двигателя, передаточных механизмов (трансмиссии) и исполнительных механизмов [6, 8, 22, 24].

Главным, основным назначением остова тракторов и автомобилей является обеспечение взаимного расположения агрегатов и узлов машины для эффективного выполнения всех требуемых функций машины. Остовы машин полностью воспринимают все рабочие нагрузки машин при любых эксплуатационных режимах. Остовы должны выдерживать нагрузки, развиваемые двигателями и передаточными механизмами, передавать эти нагрузки на исполнительные механизмы: рабочие органы и инструменты, движители.

В отличие от автомобиля, в состав исполнительных механизмов трактора, кроме движителей, входят дополнительные механизмы и системы агрегатирования трактора с различными сельскохозяйственными орудиями, машинами и другими технологическими средствами производства сельскохозяйственной продукции.

Практически все известные конструкции тракторов базируются на трех типах остовов: рамном, полурамном и безрамном.

Конструктивно рамный остов трактора, как и автомобиля, представляет собой клепанную и/или сварную раму из балок различного профиля (рис. 23). На раму устанавливаются и закрепляются двигатель, передаточные механизмы и другие устройства. Рамная конструкция остова трактора позволяет при необходимости изменять компоновку основных частей и агрегатов, допускать замену исполнительных механизмов, монтаж и демонтаж узлов и агрегатов.

Основные эксплуатационные силовые воздействия воспринимают два продольных лонжерона рамы (рис. 23), жестко соединенные между собой поперечными брусками. По конструктивным соображениям лонжероны рамы также соединяются дополнительными поперечными передним и задним связями. Как правило, лонжероны рамы состоят из специальных профилей коробчатого или открытого швеллерного сечения. К лонжеронам жестко закрепляются кронштейны опор агрегатов трактора, буксирные крюки, кронштейны навесных устройств и т. п.

Рамные остовы отдельных типов тракторов имеют конструктивные особенности. Например, рамный остов колесного трактора К-701 (Т-150К) представляет собой конструкцию, состоящую из двух разных размеров рам, соединенных между собой шарнирным устройством. На рисунке 24 в схематическом виде изображена конструкция остова трактора К-701.

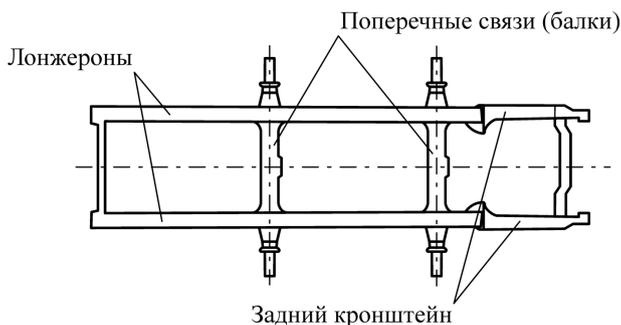


Рис. 23

Схематичное изображение конструкции рамного остова трактора

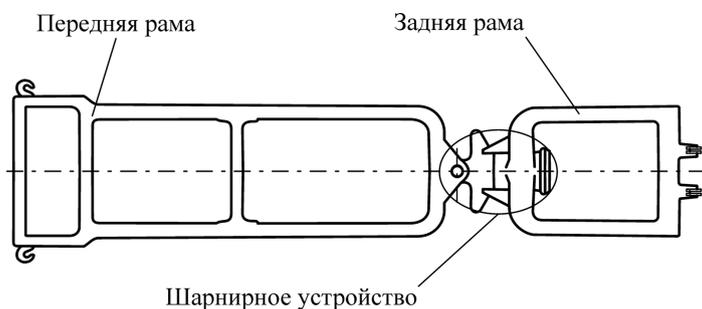


Рис. 24

Схема шарнирно сочлененного остова трактора

Передняя рама остова трактора (в ряде учебников «полурама») — конструкция, изготовленная из двух стальных лонжеронов коробчатого сечения, соединенных поперечными связями сварными соединениями. К лонжеронам передней рамы приварены кронштейны для установки коробки переключения передач, двигателя, рессор и других устройств. Силовые элементы передней части рамы остова оснащаются кронштейнами, скобами для установки узлов системы охлаждения двигателя трактора, других необходимых конструктивных узлов трактора. В конструкции передней рамы остова задняя связь, выполненная в виде чугунной отливки, имеет специальные четыре проушины шарнира для соединения с задней рамой остова (рис. 25).

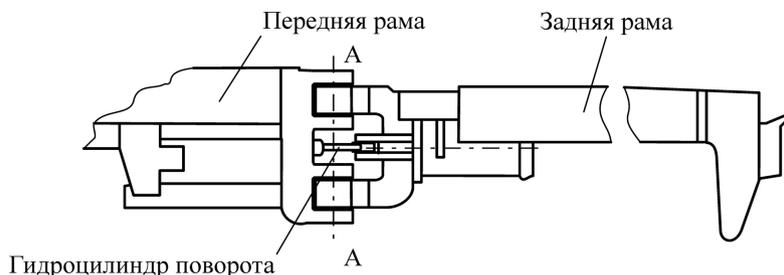


Рис. 25

Схематическое изображение конструкции шарнирного устройства остова трактора К-700

Лонжероны задней рамы («полурамы») — также из стальных балок коробчатого сечения (рис. 25), поперечные связи — специальной формы чугунные отливки. В полой конструкции передней связи предусмотрена центральная полость, в которой устанавливается труба шарнирного устройства. Управляемый поворот передней и задней рам остова трактора может осуществляться относительно вертикальной оси $A-A$ на угол до 35° , а вокруг горизонтального шарнира («труба в трубе») — на угол до 16° . Задняя связь лонжеронов задней рамы — также чугунная фасонная отливка с обработанными поверхностями для элементов крепления опорных узлов навесного устройства, редуктора вала отбора мощности (ВОМ), а также проушины для соединения с нижними тягами навесного устройства. Конструкции передних и задних связей лонжеронов рам остова могут иметь некоторые различия в зависимости от назначения трактора и выполняемых функций.

Полурамные остовы применяются в конструкциях сельскохозяйственных универсально-пропашных, универсальных, промышленных тракторов общего назначения, а также специализированных тракторов отечественного и зарубежного производства, самоходных шасси. На рисунке 26 представлена схематическая конструкция полурамного остова трактора Т-100М (Т-130М, Т-170). Лонжерон полурамы представляет собой балку (швеллер) переменной высоты, усиленную двумя уголками, жестко закрепленными на наружной стороне стенки швеллера. Лонжероны задними концами жестко соединены с картером заднего моста. Переднюю поперечную связь образуют агрегаты ходовой части (коробка балансирной рессоры подвески), установленные на кронштейны лонжеронов. Поперечные связи полурамы образуются картерами агрегатов передаточных механизмов и двигателя (рис. 26).

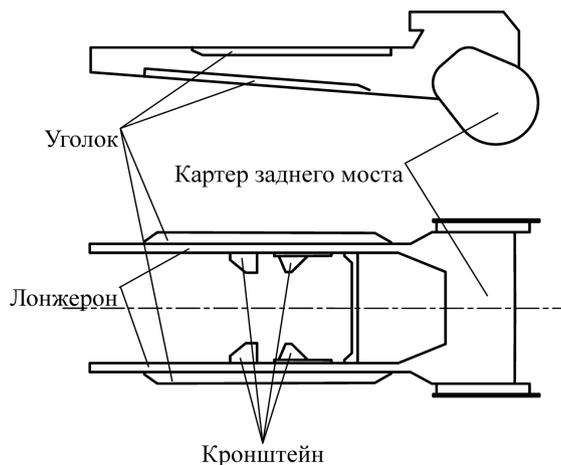


Рис. 26

Схематичное изображение конструкции полурамного остова трактора

Конструкция полурамного остова трактора обеспечивает удобство навески сельскохозяйственных орудий, ремонт и техническое обслуживание двигателя, но затрудняет эксплуатационное обслуживание передаточных механизмов. Классическим примером полурамного остова трактора является остов широко

распространенного колесного трактора тягового класса 1,4 типа МТЗ-80, в котором лонжероны жестко соединены с корпусом передаточного механизма. Поперечная связь полурамы служит опорой для установки двигателя, переднего моста трактора, навесного оборудования.

Номинальная мощность двигателей тракторов, являющихся источниками механической энергии, развивается при частотах вращения коленчатого вала в пределах 1300–2000 об/мин. Скорости движения машинно-тракторных агрегатов, в которых трактор выполняет функции тягача и источника энергии, по агротехническим нормам и требованиям выполнения технологических операций растениеводства, должны находиться в диапазоне 0,2–40 км/ч. Конструкция ведущих колес современных тракторов обеспечивает достижение такого диапазона скоростей при частотах их вращения от 0,5 об/мин до 120 об/мин. Поэтому основным назначением передаточных механизмов (трансмиссии) тракторов является преобразование частоты вращения и величины вращающего момента, созданного двигателем, до значений, необходимых для эффективного выполнения рабочих функций не только движителями тракторов, но и агрегатируемых с трактором других исполнительных механизмов (рис. 27).

Общая техническая характеристика преобразующих свойств передаточных механизмов — передаточное отношение (число) u и частоты вращения $n_{вх}$ или угловой скорости $\omega_{вх}$ входного вала механизма к частоте вращения $n_{вых}$ (угловой скорости $\omega_{вых}$) выходного вала передаточного механизма:

$$u = \frac{n_{вх}}{n_{вых}} = \frac{n_{дв}}{n_{колеса}}, \quad u = \frac{\omega_{вх}}{\omega_{вых}} = \frac{\omega_{дв}}{\omega_{колеса}}.$$

В вышеприведенной формуле указано, что передаточное отношение может отражать техническую характеристику отдельно одного рассматриваемого передаточного механизма или значение общей технической характеристики всех передаточных механизмов, участвующих в передаче энергии движения от двигателя к ведущему колесу. Из курсов физики, теоретической механики, теории механизмов и машин известно, что механизм, снижающий частоту оборотов выходного вала относительно частоты вращения входного вала, называется редуктором. Напротив, механизм с более высокой частотой оборотов выходного вала относительно входного называется мультипликатором.

Передаточные механизмы трактора — редукторы, обеспечивающие снижение числа оборотов выходного вала и повышение вращающего (крутящего) момента $M_{колеса}$ до требуемого значения тягового усилия $P_{тяги}$. Конструкция, состав звеньев передаточного механизма, например коробки переключения передач, позволяют изменять передаточное отношение в некоторых пределах требующихся для выполнения необходимой работы.

Важная специальная техническая особенность трактора — передаточные механизмы, обеспечивающие значительный диапазон развития тяговых усилий и скоростных режимов движения по сравнению с автомобилями. Тракторные передаточные механизмы (трансмиссия) должны обладать следующими возможностями:

- изменения передаточного отношения редукторов в зависимости от изменения тягового сопротивления движению;

- изменения направления вращения ведущих колес при сохранении направления вращения вала двигателя;
- отбора мощности двигателя на привод дополнительных исполнительных рабочих органов.

На рисунке 27 представлена структурная кинематическая схема типового колесного трактора с задними ведущими колесами.

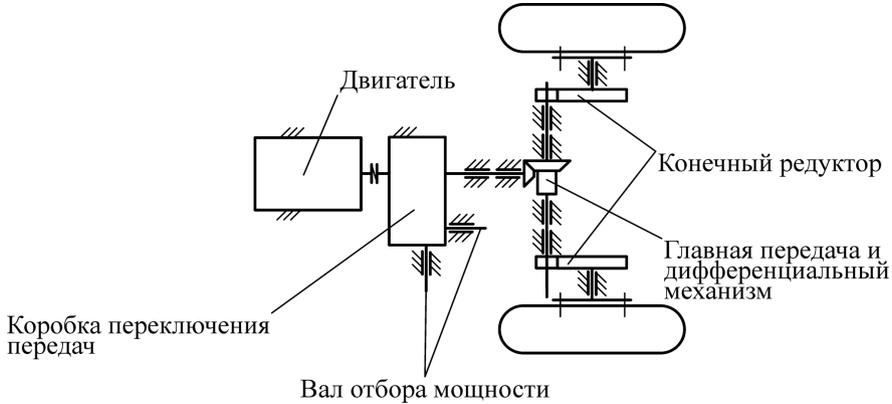


Рис. 27

Структурная кинематическая схема типового колесного трактора

Вращающий (крутящий) момент $M_{дв}$ и частота вращения коленчатого вала $n_{дв}$, созданные двигателем трактора, в коробке переключения передач со ступенчато изменяющимся передаточным отношением $u_{кп} = u_{кп1}; u_{кп2}; u_{кп3}; u_{кп4}; u_{кп5}; u_{кп6}; \dots$ преобразуются в $M_{кп1}, n_{кп1}; M_{кп2}, n_{кп2}; M_{кп3}, n_{кп3}; M_{кп4}, n_{кп4}; M_{кп5}, n_{кп5}; M_{кп6}, n_{кп6}; \dots$ Значения передаточного отношения $u_{кп}$ коробки переключения передач ступенчато устанавливаются машинистом-оператором в соответствии с эксплуатационными характеристиками машинно-тракторного агрегата для выполнения необходимых операций. Далее, на рисунке 27 видно, передаточные механизмы: главная коническая передача, дифференциальный механизм, конечные редукторы, обеспечивают изменение моментов и частот вращения $M_{кп1}, n_{кп1}; M_{кп2}, n_{кп2}; M_{кп3}, n_{кп3}; M_{кп4}, n_{кп4}; M_{кп5}, n_{кп5}; M_{кп6}, n_{кп6}; \dots$ до значений $M_{колёса}$ и $n_{колёса}$. Численное значение выходных характеристик всех передаточных механизмов, установленных на конкретном типе трактора, должно отвечать требуемым тяговым усилиям и скоростям движения собственно трактора или трактора в составе машинно-тракторного агрегата (МТА).

Важные функции трактора как источника механической энергии реализуются через систему отбора мощности, специально предназначенной для приведения в движение активных рабочих органов технологических средств, входящих в состав машинно-тракторных агрегатов. Широко применяются механические и гидравлические системы отбора мощности, на некоторых специализированных тракторах используются электрические и пневматические системы.

Конструктивные особенности передаточных механизмов системы отбора мощности могут обеспечивать независимый, полунезависимый, зависимый и синхронный режимы привода вала отбора мощности (ВОМ).

Независимое приведение в движение вала отбора мощности (ВОМ) осуществляется механизмом разделения потока мощности, установленного перед основной трансмиссией трактора. Независимость привода ВОМ обеспечивает передачу мощности на рабочие органы технологических средств без остановки движения трактора, позволяет производить включение, выключение и изменение частоты вращения ВОМ при движении трактора. Независимый привод ВОМ используется при работе с технологическими средствами, частота вращения рабочих органов которых не должна зависеть от скорости движения трактора, например: навесные и прицепные комбайны, траншеекопатели, насосные и компрессорные устройства и др.

Конструкция полунезависимого привода ВОМ не позволяет производить его включение и отключение при движении трактора.

Передачный механизм зависимого привода ВОМ устанавливается после главной муфты сцепления (или гидротрансформатора) и конструктивно соединен с одним из валов коробки переключения передач.

Устройство синхронного привода ВОМ обеспечивает отбор мощности непосредственно от главной передачи трактора, поэтому не позволяет приводить в движение технологические средства при выключенном сцеплении или осуществлять включение и выключение ВОМ при движении трактора. Синхронные приводы ВОМ применяются в тракторах, работающих с посевными агрегатами.

Современные тракторы, как правило, имеют многорежимные ВОМ. Частота вращения ВОМ регулируется ступенчатыми или бесступенчатыми трансмиссиями. Для сельскохозяйственных тракторов российскими стандартами регламентированы следующие частоты вращения: для независимых ВОМ — 540 об/мин и 1100 об/мин при номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя; для синхронных ВОМ — 3,6 оборотов на 1 м пути.

На рисунке 27 показано, что конструкции передаточных механизмов механических систем отбора мощности могут быть с передними и боковыми выходными многорежимными валами.

Для выполнения дополнительных функций тракторы могут оснащаться специальными передаточными механизмами, существенно расширяющими их технические возможности. Так, при работе трактора в составе МТА могут кратковременно увеличиваться силы сопротивления, поэтому периодически возникает необходимость повышения тягового усилия без остановки трактора. Для кратковременного повышения тягового усилия на ряде тракторов дополнительно устанавливается увеличитель вращающего (крутящего) момента (УКМ). Данный передаточный механизм с передаточным отношением 1,2–1,35 устанавливается перед коробкой переключения передач.

Для качественного выполнения некоторых сельскохозяйственных работ по агротехническим нормам требуются весьма низкие скорости движения машинно-тракторного агрегата (МТА). Требуемое замедление скорости движения трактора осуществляется при помощи специального передаточного механизма — ходоуменьшителя, который может быть частью механизма переключения передач или съемным оборудованием.

Множество специфических функций, которые могут быть выполнены трактором, диктует разнообразие кинематических схем и конструкций передаточных механизмов, обеспечивающих развитие необходимых тяговых усилий и скоростей движения, сил и моментов сил, передающихся на рабочие органы и агрегаты. На специализированных тракторах и различных сельскохозяйственных комбайнах применяются механические бесступенчатые трансмиссии (вариаторы), которые обеспечивают плавное регулирование скорости движения трактора при постоянной частоте вращения коленчатого вала двигателя. В последние годы в конструкциях современных тракторов для бесступенчатого регулирования скорости широко применяются гидромеханические и гидрообъемные механизмы трансмиссии.

Контрольные вопросы и задания по разделу 2.1

1. Составить таблицу с техническими характеристиками тракторов отечественного и зарубежного производства.
2. Установить основные особенности применения механических и автоматических коробок переключения передач на транспортных и других технологических машинах.

2.2. Гидравлические системы сельскохозяйственных машин

Современные тракторы оснащаются гидравлическими системами отбора мощности (ГСОМ). В гидравлических системах отбора мощности механическая энергия вращения коленчатого вала, передающаяся на входной вал гидравлического насоса, трансформируется в энергию давления рабочей жидкости. Давление рабочей жидкости, созданное гидравлическим насосом, через соединительные каналы передается на элементы гидравлической системы, которые приводят в движение рабочие органы (гидроцилиндры) технологических средств машинно-тракторного агрегата (МТА). Принципиальная структурная схема гидравлической системы отбора мощности представлена на рисунке 28.

Принципиальная структурная схема гидравлической системы отбора мощности от источника механической энергии — двигателя внутреннего сгорания трактора — существенным образом не отличается от любых других гидравлических систем.

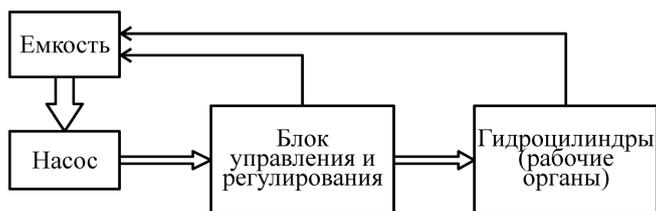


Рис. 28

Принципиальная структурная схема гидравлической системы отбора мощности

На рисунке 28 показано, что гидравлическая система отбора мощности имеет в своем составе гидравлический насос, емкость для рабочей жидкости, блок управления и регулирования (радиатор охлаждения рабочей жидкости, распределитель, регулятор), гидроцилиндры и соединительные устройства (показаны фигурными и простыми стрелками).

Высокие технические возможности передачи энергии гидравлическими системами, возможности эффективного управления и регулирования процессами движения исполнительных механизмов, рабочих орудий и инструментов должны быть рассмотрены более подробно. В гидравлических системах основным рабочим звеном, осуществляющим передачу энергии, является рабочая жидкость. Характерные физические свойства жидкости: несжимаемость, высокая текучесть, способность принимать форму сосуда, обладание свободной поверхностью, — предоставляют широкие возможности использования жидкости в различных гидравлических системах машин и других технических устройств.

Широкое применение гидравлических систем передачи энергии в машинах и других технических устройствах объясняется целым рядом преимуществ: небольшие малые размеры и массы элементов, бесступенчатое регулирование скорости рабочих органов, независимое расположение элементов систем, надежное предохранение от перегрузок, удобство обслуживания и управления, легкость автоматизации процессов и многое другое.

В гидравлических системах реализуются два физических принципа передачи энергии: передача энергии потоком жидкости и передача энергии давлением. Системы, в которых используется энергия потока жидкости, называются гидродинамическими, например: движение потока жидкости приводит во вращательное движение специальное турбинное колесо. Системы, использующие второй принцип — энергию давления, называются гидростатическими (объемными).

В гидравлических (гидростатических, объемных) системах машин действует закон Паскаля, по которому воздействие активной силы P на неподвижную жидкость распространяется по всем направлениям внутри жидкости, а величина давления p , развиваемая активной силой P в жидкости, всегда будет обратно пропорциональна площади A , на которую она действует: $p = P/A$.

В данном разделе приводятся краткие сведения по принципам работы, устройству элементов объемных передач гидравлических систем, которыми являются: источники гидравлической энергии (насосы, жидкости), оборудование распределения, управления и регулирования, исполнительные механизмы (рис. 28). В литературе [6, 18, 19, 24, 28], в зависимости от выполняемых функций, употребляются термины: «объемный привод», «объемный гидропривод», «гидропривод».

Простейшая объемная передача схематично представлена на рисунке 29. Под действием силы P_1 поршень 1 (с площадью A_1) перемещается по направляющему цилиндру вниз. Очевидно, что некоторый объем V несжимаемой рабочей жидкости будет поступать в другой направляющий цилиндр с поршнем 2 (с площадью A_2). При этом величина перемещения h_2 поршня 2 по направляющему цилиндру будет меньше, так как $V = A_1 \cdot h_1 = A_2 \cdot h_2$. Перемещение поршня 2 на некоторое расстояние h_2 (из условия равновесия и несжимаемости жидкости)

будет вызывать уравновешенную силу P_2 , равную силе сопротивления обрабатываемого объекта.

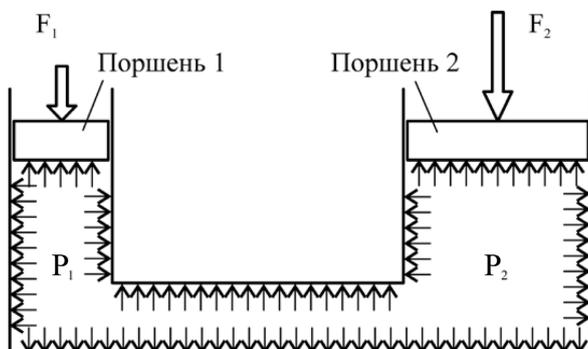


Рис. 29

Простейшая объемная передача в гидравлической системе машин

Как видно, передача движения от одного подвижного звена (поршня насоса) к другому (поршню двигателя исполнительного механизма) передается посредством замкнутого между ними объема рабочей жидкости, поэтому такие гидравлические передачи называются объемными.

Объемные гидравлические передачи имеют, по сравнению с механическими передачами, определенные преимущества:

- универсальность получения требуемого вида движения выходного звена — вращательного или поступательного;
- возможность создания больших передаточных отношений;
- возможность бесступенчатого регулирования скорости движения исполнительного рабочего органа и др.

Практически, принципиальная структурная схема гидравлической системы (рис. 28) в некоторой степени аналогична структуре любой машины по своему назначению — передаче энергии движения от источника энергии к исполнительным механизмам. Но если в машине передача механической энергии движения от источника энергии к исполнительным механизмам осуществляется твердыми телами разной геометрической формы и различных материалов, то в гидравлической системе передача энергии производится жидкостью неизменного физического состояния.

Следующим отличием гидравлической системы от других систем является возможность передачи гидравлической энергии давления по трубопроводам с гибкими элементами, обеспечивающими надежную гидравлическую связь между составными частями системы, размещенными на удаленных друг от друга оставах (рис. 30).

На рисунке 30 в едином блоке источников гидравлической энергии подразумевается достаточно сложное техническое устройство, преобразующее механическую энергию вращения входного звена устройства в гидравлическую энергию движения жидкости — насос и рабочая жидкость. Насос — техническое устройство, предназначенное для преобразования механической энергии

вращения двигателя трактора — вращающий (крутящий) момент M и частоту вращения n — в энергию движения жидкости, характеризуемую объемным расходом Q и давлением p , является входным звеном любой гидравлической системы.

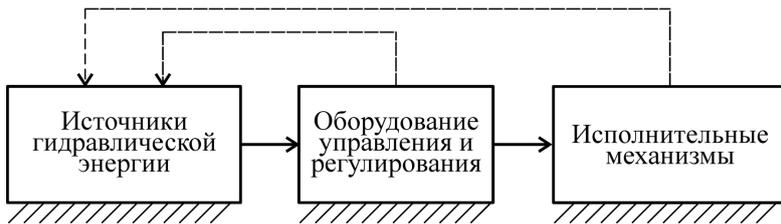


Рис. 30

Принципиальная структурная схема гидравлической системы

Источники гидравлической энергии, примеры

По принципу работы и по конструкции насосы гидравлических систем делятся на динамические и объемные.

Конструкции динамических насосов имеют рабочее колесо, которое, вращаясь, придает жидкости кинетическую энергию потока. Например насосы центробежные лопастные.

В гидравлических системах мобильных машин устанавливаются насосы объемного принципа работы (объемная передача), конструкция которых обеспечивает периодическое механическое вытеснение некоторого количества жидкости в замкнутый объем рабочей части исполнительного органа для создания необходимого рабочего давления. Наиболее распространенными насосами объемного типа являются насосы шестеренные, поршневые, плунжерные, диафрагменные, роторные.

Шестеренные насосы благодаря простой конструкции и надежности широко применяются в гидравлических системах сельскохозяйственных машин. В рабочей полости корпуса насоса с минимальным зазором устанавливается пара зубчатых колес, находящихся в зубчатом зацеплении (рис. 31). Одно из зубчатых колес ведущее, другое ведомое.

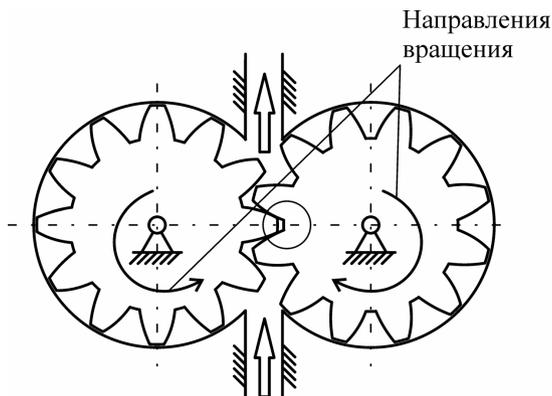


Рис. 31

Кинематическая схема шестеренного насоса

При вращении ведущего колеса шестеренного насоса некоторый малый объем жидкости, остающийся в межзубовой впадине, перемещается на сторону нагнетания (высокого давления) насоса, создавая тем самым высокое давление в напорной линии гидросистемы. Очевидно, что рабочая жидкость гидросистемы в данной конструкции насоса выполняет также функции смазывания и охлаждения деталей. Ресурс насоса во многом зависит от качества (вязкости, чистоты) используемой жидкости, так как во всех шестеренных насосах (НШ) применяются подшипники скольжения, работоспособность которых определяется условиями смазки.

В гидравлических системах мобильных машин применяются также серийно выпускаемые промышленностью аксиально-поршневые насосы различных конструкций. Насосы такого типа конструкции обладают некоторыми преимуществами по сравнению с другими насосами, например с радиально-поршневыми насосами, так как имеют меньшую массу и габариты при сопоставимой или даже большей производительности. В аксиально-поршневых насосах оси поршней располагаются параллельно оси вращения ротора, поэтому ротор насоса может быть небольшого диаметра, и, следовательно, скорость вращения может быть более высокой, чем у ротора радиально-поршневого насоса (рис. 32).

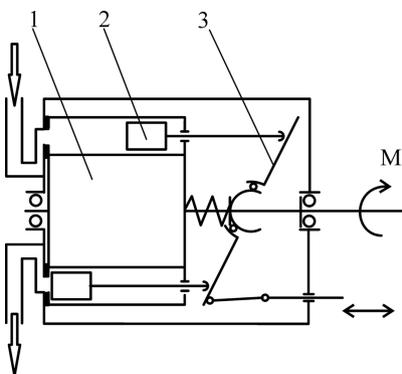


Рис. 32

Кинематическая схема аксиально-поршневого насоса

Принципиально аксиально-поршневой насос состоит из ротора 1, в котором на определенном расстоянии от продольной оси ротора параллельно друг другу выполняются сквозные отверстия, которые служат рабочими цилиндрами размещенных в них поршней 2. Шатуны поршней 2 свободно опираются на специально подготовленные поверхности неподвижного относительно ротора наклонного диска 3.

Ротор 1 аксиально-поршневого насоса с одной стороны приводится во вращательное движение, а с противоположной стороны плотно, герметично прилегает к неподвижному распределительному диску с отверстиями, периодически соприкасающимися с трубопроводами входа и выхода жидкости. При вращении ротора поршни 2 в рабочих цилиндрах совершают возвратно-поступательное движение, так как они связаны своими шатунами с наклонным диском 3. Эти возвратно-поступательные движения поршней обеспечивают всасывание жидкости из

низконапорной, входной линии и вытеснение жидкости в высоконапорную, выходную линию при повороте ротора (рис. 32).

Необходимо отметить, что внимательное изучение кинематической схемы аксиально-поршневого насоса такой конструкции приводит к выводу использования этой же схемы для осуществления функции гидравлического двигателя (мотора). При подаче на вход рабочей жидкости под давлением выдвигающиеся из ротора поршни будут создавать вращающий (крутящий) момент, поворачивающий ротор и жестко закрепленный с ним вал. Таким образом, рассматриваемая кинематическая схема также может быть представлена как схема гидравлического двигателя — гидромотора (рис. 32), в котором энергия напора жидкости трансформируется в механическую энергию вращения вала.

Рассмотренные выше типы насосов широко применяются в гидравлических системах машин, прежде всего, сельскохозяйственных.

Оборудование управления и регулирования передачи гидравлической энергии

В блоке оборудования управления и регулирования гидравлической системы (рис. 30) объединены устройства изменения, поддержания заданного давления, расхода и изменения направления движения потока жидкости; пуска, изменения направления движения и остановки исполнительных механизмов. В специальной литературе и в отдельных отраслях промышленности такие устройства объединяются названием «гидроаппаратура».

Общим конструктивным элементом, объединяющим все устройства управления и регулирования гидравлической системы, является наличие в них запорно-регулирующего элемента, подвижной детали, частично или полностью перекрывающей рабочее проходное сечение устройства (рис. 33). По наименованию запорно-регулирующего элемента, подвижной детали устройства могут быть клапанными, золотниковыми или крановыми.

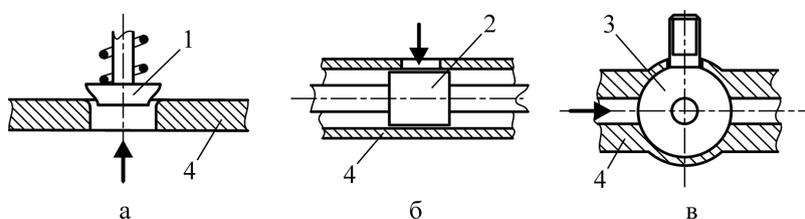


Рис. 33

Схематичное изображение запорно-регулирующих элементов:

а — клапанного; *б* — золотникового; *в* — кранового; *1* — клапан; *2* — золотник; *3* — кран; *4* — корпус устройства.

На рисунке 33 одно из двух направлений движения потока жидкости показано стрелками. Как видно (рис. 33*а*), в клапанном устройстве запорно-регулирующий элемент — клапан *1* — под действием пружины может полностью или частично перекрыть проходное отверстие в корпусе *4*, т. е. это устройство не требует для выполнения своей функции какого-либо активного внешнего воздействия. Однако открытие или закрытие отверстия клапаном может регу-

лироваться изменением свойств пружины либо установкой специальных регулирующих шайб.

В двух других конструкциях — золотниковом (рис. 33б) и крановом (рис. 33в) — запорно-регулирующие элементы (подвижные детали) самопроизвольно под действием потока рабочей жидкости не перемещаются. Управление (установка) перемещением запорно-регулирующего элемента (золотника или крана) осуществляется при помощи исполнительных устройств: рычажными механизмами, электрическими устройствами и т. п.

Общепринято золотниковые устройства изменения, поддержания заданного давления, расхода и изменения направления движения потока жидкости, также как и крановые устройства, называть гидрораспределителями (распределителями). Так, запорно-регулирующий элемент золотникового распределителя — цилиндрический золотник (рис. 34а) — в зависимости от числа подводящих или выводящих жидкость линий (подводов) может иметь один, два и более поясков. На графических схемах гидравлических систем рабочую позицию подвижного элемента золотникового распределителя условно обозначают квадратом (прямоугольником), внутри которого указываются линии связи, проходы и элементы управления (рис. 34б). Число позиций, занимаемых запорно-регулирующим элементом распределителя в гидравлической системе, на схеме соответствует числу квадратов.

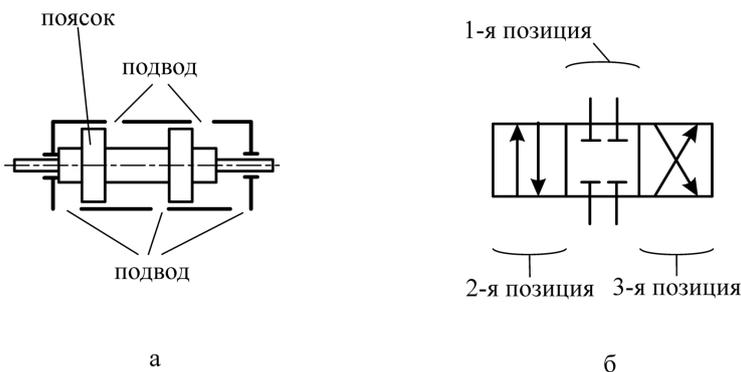


Рис. 34

3-позиционный золотниковый распределитель:

a — схема; *б* — условное обозначение.

В гидравлических системах объемная передача жидкости от устройства (аппарата) к другому устройству (аппарату) осуществляется жесткими металлическими и гибкими трубопроводами. Гибкие трубопроводы в промышленности называются гибкими рукавами или шлангами высокого и низкого давления. Трубопроводы на гидравлических схемах указываются сплошными линиями, соединяющими устройства или элементы устройств.

Обычно на гидравлических схемах подводы распределителя обозначаются большими буквами *P*, *T*, *A* и *B*. Нагнетательная линия или магистраль обозначается буквой *P*, линия слива жидкости или сливная магистраль — буква *T*. Подвод распределителя к линии, магистрали, нагнетающей жидкость к мотору,

обозначается буквой *A*. Буквой *B* обозначается подвод распределителя к линии, магистрали, отводящей жидкость от мотора. Линия управления устройством показывается штрихпунктирной линией.

На рисунке 35 схематически представлена работа золотникового распределителя. В первой (исходной) позиции все линии *A*, *B*, *P* и *T*, подводящие жидкость к распределителю, разобщены, т. е. перекрыты (рис. 35а). При такой позиции распределителя исполнительный орган гидравлической системы находится в нейтральном положении.

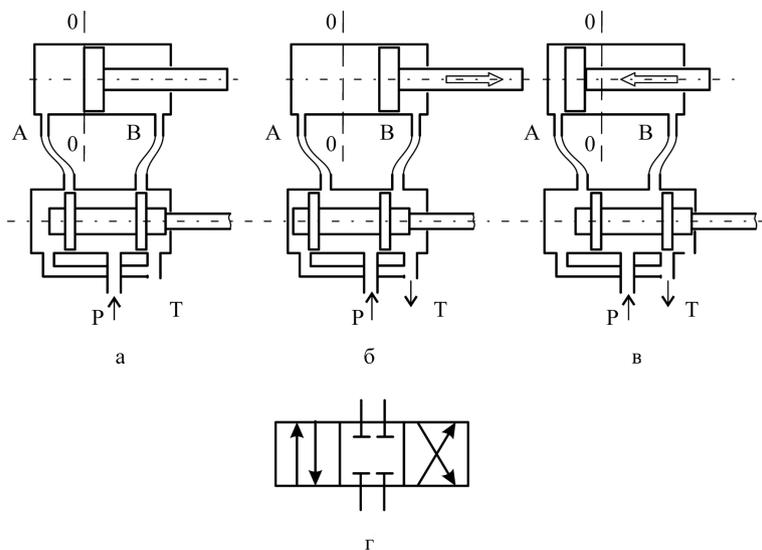


Рис. 35

Схематическое представление работы золотникового распределителя:

a — исходная, 1-я позиция; *б* — 2-я позиция; *в* — 3-я позиция; *г* — условное обозначение распределителя.

При перемещении золотника влево распределитель занимает вторую позицию, в которой попарно соединяются подводы *P* и *A*, *B* и *T* (рис. 35б). Результатом перевода распределителя во 2-ю позицию является повышение давления жидкости в надпоршневой области и вытеснение жидкости по линии *B–T*. Рабочий орган исполнительного цилиндра выдвигается вправо. Перемещение цилиндрического золотника распределителя в 3-ю позицию соединяет подводы *P* и *B*, *A* и *T* (рис. 35в), и поршень цилиндра со штоком перемещаются влево. Такой распределитель называется реверсивным, так как он используется для остановки и изменения направления движения исполнительных органов.

В зависимости от числа подводов (линий, ходов), распределители могут быть двухходовые (двухлинейные); трехходовые (трехлинейные), четырех- и многоходовые. Необходимо заметить, что наряду с цилиндрическими золотниковыми распределителями, в которых управление потоками жидкости осуществляется осевым перемещением подвижной детали, могут быть распределители с цилиндрическим или плоским золотником, где управление потоком производится поворотом детали.

В гидравлических системах машин применяют различные золотниковые распределители: одно- и многозолотниковые; моноблочные и секционные. Моноблочными называются распределители, в которых в одном литом корпусе размещаются несколько трех- и/или четырехпозиционных золотника. Более сложными конструктивно являются секционные распределители, которые предназначаются для управления исполнительными механизмами машин, эксплуатируемых в широком диапазоне температур рабочих жидкостей (от -40 до $+70^{\circ}\text{C}$). Секционные распределители, как правило, собираются в один блок из отдельных секций, выполняющих различные функции. Например: секция напорная, секция рабочая, секция промежуточная, секция сливная и т. д.

В состав оборудования, обеспечивающего надежную работу гидравлической системы машин, входит еще ряд устройств. Так, для поддержания заданного расхода рабочей жидкости в систему устанавливается специальное устройство, называемое гидравлическим дросселем. Дроссели по конструкции запорно-регулирующих элементов могут быть золотниковыми или крановыми, нерегулируемые и/или регулируемые.

Важным и необходимым устройством гидравлических систем являются обратные клапаны, предназначенные для свободного пропускания рабочей жидкости в одном направлении и для перекрытия движения жидкости в обратном направлении. Установка в гидроприводе машины обратного клапана исключает самопроизвольное опускание рабочего оборудования под действием внешней нагрузки, а также при случайном включении распределителя. Обратные клапаны устанавливаются в гидравлических системах с двумя и более насосами для исключения их взаимного влияния при одновременной работе, а также в ряде других сложных схем.

В гидравлических системах устанавливаются предохранительные и переливные напорные клапаны давления, предназначенные для автоматического ограничения давления в системе. Предохранительные клапаны служат для предохранения гидроприводов от превышения установленных значений давления рабочей жидкости. Переливные клапаны поддерживают заданное значение давления в напорной линии путем непрерывного перепуска рабочей жидкости в сливную линию при резких изменениях нагрузок.

Редукционным клапаном называют клапан давления, предназначенный для поддержания давления в отводимом от него потоке рабочей жидкости более низкого, чем давление в подводимом потоке. Редукционные клапаны применяют в гидроприводах, в которых от одного источника питаются несколько потребителей, работающих при разных давлениях.

Для компенсации неизбежных утечек рабочей жидкости, исключения разрыва потока жидкости в напорных линиях моторов устанавливаются специальные подпиточные клапаны, которые по своему конструктивному исполнению и принципу действия подобны обратным клапанам.

Эти и другие устройства, входящие в состав оборудования управления и регулирования движения рабочей жидкости в гидравлических системах машин, просты по конструкции и надежны в эксплуатации. Надежность и высокая эффективность эксплуатации гидравлических систем для выполнения сложных

сельскохозяйственных технологических процессов обусловила их широкое применение в машинах сельскохозяйственного назначения. Гидравлические системы используются для обслуживания и приведения в действие навесного оборудования тракторов, активных рабочих органов почвообрабатывающих и уборочных машин и других агрегатов.

Исполнительные механизмы гидравлических систем

По виду движения выходного звена гидравлической системы различают гидроприводы с поступательным и вращательным движением.

В настоящее время наиболее распространенными рабочими органами исполнительных механизмов возвратно-поступательного действия в гидравлических системах машин различного назначения и типов являются гидравлические цилиндры. Под гидравлическим цилиндром понимается объемный двигатель, преобразующий гидравлическую энергию потока жидкости в возвратно-поступательное движение выходного звена механизма относительно корпуса двигателя. В зависимости от конструкции рабочей камеры и выходного звена механизма, гидравлические цилиндры могут быть поршневыми, плунжерными, телескопическими, мембранными и сифонными.

Применение в машинах мембранных и сифонных гидравлических цилиндров, обусловленное их конструктивными особенностями, ограничено малыми значениями передачи силовых нагрузок и перемещений. Напротив, способность развития высоких нагрузок, широкий диапазон поступательных перемещений выходного звена, особенно поршневых, стала основанием распространения их в качестве рабочих органов разнообразных исполнительных механизмов (гидроприводов).

Поршневые гидроцилиндры исполнительных механизмов различных типоразмеров применяются на машинах сельскохозяйственного назначения благодаря широким возможностям их использования по техническим характеристикам продолжительности рабочего цикла, развиваемых ими скоростей и усилий, разным способам включения в объемную гидропередачу. Поршневые гидроцилиндры подразделяются: по направлению действия рабочей жидкости, по форме и виду выходного звена, по способу крепления корпуса гидроцилиндра (рис. 36).

В гидроцилиндре одностороннего действия (рис. 36а) поршень 2 соединен с одним штоком 4, поэтому рабочий ход штока под действием давления рабочей жидкости на поршень возможен только в одном направлении. Противоположное движение штока поршня может осуществляться под действием пружины 5 или другой внешней силы. Рабочая жидкость в гидроцилиндр нагнетается по штуцеру 6. Движение выходного звена — штока поршня — в гидроцилиндрах двустороннего действия может происходить в обе стороны (рис. 36б, в), в зависимости от повышения давления жидкости в левом или правом рабочем объеме цилиндра.

Поршневые гидравлические цилиндры выпускаются промышленностью в соответствии со стандартом, номинальное давление $p_{\text{ном}}$ в цилиндрах выдерживается в пределах от 2,5 до 63 МПа, диаметры поршней могут быть от 10 до 800 мм.

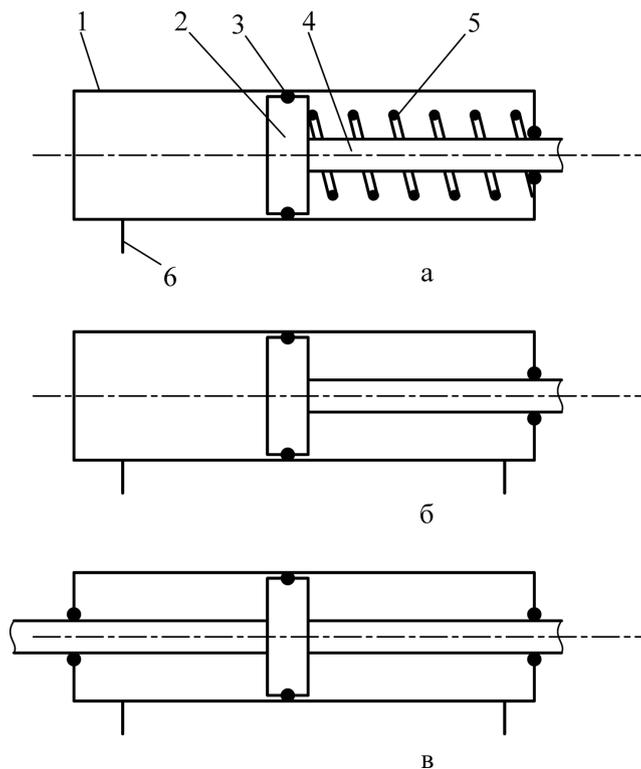


Рис. 36

Схематическое представление устройства поршневых гидроцилиндров:
 а — одностороннего действия; б — двустороннего действия с односторонним штоком; в — двустороннего действия с двусторонним штоком; 1 — корпус; 2 — поршень; 3 — уплотнение; 4 — шток; 5 — пружина; б — штуцер.

Поворотные гидроцилиндры

Наряду с поршневыми и плунжерными гидроцилиндрами возвратно поступательного действия в гидравлических системах машин, в зависимости от выполняемых исполнительными механизмами операций, применяются гидроцилиндры поворотного действия или поворотные гидродвигатели (моментные гидроцилиндры). В этих исполнительных механизмах выходное звено — вал, который совершает возвратно-поворотные движения (угловые перемещения) на неполный оборот (рис. 37). Устройство поворотного гидродвигателя, схематично представленное на рисунке 37, состоит из корпуса 1, в котором установлен вал 2 с закрепленными радиально одной, двумя или тремя пластинами 3, разделяющими внутреннее пространство корпуса на отдельные полости. На рисунке 37а однопластинчатого цилиндра видно, что при нагнетании жидкости в одну из полостей происходит поворот вала с пластиной при вытеснении жидкости из другой (сливной) полости. В поворотных валах двух- и трехпластинчатых цилиндров имеются сквозные каналы (на рисунке не показаны), соединяющие рабочие и сливные полости.

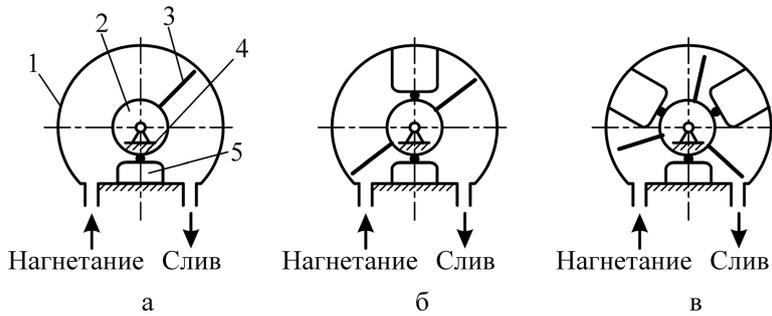


Рис. 37

Схематичное представление устройства гидроцилиндров поворотного действия: *а* — однопластинчатого; *б* — двухпластинчатого; *в* — трехпластинчатого; 1 — корпус; 2 — вал; 3 — пластина; 4 — уплотнение; 5 — перемычка.

По конструкции выходного звена различают пластинчатые (шиберные) и поршневые поворотные двигатели. В практике наибольшее распространение получили пластинчатые поворотные гидродвигатели, в которых рабочим органом является пластина, жестко соединенная с валом. По числу пластин они могут быть одно-, двух- и трехпластинчатыми.

Применение в объемных гидроприводах поворотных гидродвигателей упрощает кинематику движения передающих звеньев машин и механизмов по сравнению с гидроприводами, в которых для этих же целей используются гидроцилиндры. Это объясняется тем, что вал поворотного гидродвигателя может быть непосредственно соединен с валом приводного звена машины без каких-либо промежуточных элементов.

Поворотные гидродвигатели способны развивать большие крутящие моменты, достигающие для трехпластинчатых гидродвигателей $M_{кр} = 70 \text{ МН}\cdot\text{м}$.

Гидромоторы

Выше, на рисунках 31–32 были рассмотрены кинематические схемы шестеренных и аксиально-поршневых устройств — насосов, как источников гидравлической энергии, преобразующих энергию механического вращения в гидравлическую энергию движения жидкости в гидравлической системе машины. Эти же устройства могут быть гидромоторами, выполняющими функции исполнительных механизмов, т. е. преобразующими гидравлическую энергию движения жидкости в механическую энергию вращения выходного звена — вала.

По конструкции гидромоторы шестеренного типа аналогичны шестеренным насосам. Вращение выходного звена — вала гидромотора — осуществляется за счет перепада давления рабочей жидкости на входе и выходе, очевидно, что выходной вал гидромотора может иметь правое или левое вращение. Одним из важных преимуществ гидромотора является его способность эффективно работать при разных режимах нагрузки: продолжительный — с постоянной нагрузкой в течение длительного времени; кратковременный — при пиковых нагрузках; повторно-кратковременный — при чередовании периодов нагрузки и работы вхолостую.

Мощность шестеренных гидромоторов N (кВт) вычисляется по формуле

$$N = 2\pi \cdot M \cdot n = \frac{kQ_n p}{\eta_n},$$

где M — крутящий момент на валу двигателя, Н·м; n — частота вращения вала двигателя, с^{-1} ; Q_n — подача насоса, $\text{м}^3/\text{с}$; p — давление нагнетания, Па; η_n — коэффициент полезного действия гидромотора. Технические характеристики шестеренных гидромоторов (насосов) приводятся в таблицах, технических описаниях.

Широкое распространение в качестве исполнительных механизмов гидравлических систем сельскохозяйственных машин получили радиально-поршневые и аксиально-поршневые гидромоторы. В конструкции, кинематическом устройстве насоса и гидромотора принципиальных различий нет, например, приведенную на рисунке 32 кинематическую схему устройства можно рассматривать как схему аксиально-поршневого гидромотора, преобразующего энергию потока жидкости в механическую энергию вращения вала.

Важным преимуществом аксиально-поршневых гидромоторов (насосов) по сравнению с другими поршневыми устройствами является их компактность и меньшая масса при сопоставимо развиваемой мощности. Малые габаритные размеры выходных звеньев обеспечивают высокую способность изменения частоты вращения. Именно эти преимущества аксиально-поршневых гидромоторов обусловили их широкое применение в качестве регулируемых и нерегулируемых насосов и гидромоторов в гидравлических системах машин. Аксиально-поршневые гидромоторы способны работать при давлениях до 40 МПа и развивать высокие частоты вращения от 500 об/мин до 4000 об/мин.

На фото ниже показаны типичный образец (рис. 38а) линейного с наклонным диском и типичный образец углового с наклонным блоком (рис. 38б) аксиально-поршневого гидромотора.



Рис. 38

Внешний вид аксиально-поршневых гидромоторов, выпускаемых промышленностью

В последние годы в качестве исполнительных механизмов вращательного движения широко используют радиально-поршневые гидромоторы, которые по своим техническим характеристикам могут развивать как высокие (ВМГ), так и низкие (НМГ) значения вращающих моментов. Так, вращающий момент радиально-поршневых гидромоторов $M_{вр}$ может превышать 32000 Н·м при частоте вращения выходного вала $n \leq 100$ об/мин. Низкомоментные гидромоторы могут иметь высокие значения частоты вращения, в пределах 5000 об/мин (рис. 39, 40).



Рис. 39

Внешний вид радиально-поршневых гидромоторов, выпускаемых промышленностью: *а* — с эксцентриковым валом; *б* — высокомоментный низкооборотистый.

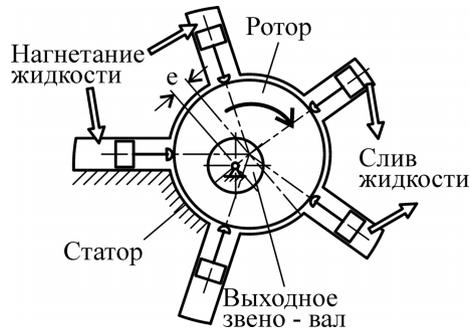


Рис. 40

Схема радиально-поршневого гидромотора

Рабочие камеры радиально-поршневого гидромотора (рис. 39) образуются поверхностями цилиндров и поршней, оси поршней со скользящими по ротору штоками, перпендикулярны к продольной оси блока цилиндров (статора). Выходной вал (ротор) гидромотора (рис. 39), на котором жестко с эксцентриситетом, равным e , закреплен эксцентричный кулачок, вращается под действием штока поршня, вытесняемого давлением жидкости.

При нагнетании жидкости в рабочие камеры цилиндров поршни совершают поступательное движение по направляющему цилиндру. Вращающий момент создается радиально расположенными в статоре (обычно 5–9 шт.) поршнями 3, которые сферическими головками своих штоков опираются на опорную (внутреннюю) поверхность статора. Оси цилиндров расположены в одной плоскости и пересекаются в одной точке (т. е. звездообразно). Распределение жидкости осуществляется неподвижным цапфенным распределителем 4, в котором *А* — всасывающая, а *Б* — нагнетательная полости.

Краткое описание работы гидравлических систем

По способу сообщения насоса с баком и гидродвигателем (мотором) гидравлические системы могут быть с разомкнутой и замкнутой циркуляцией жидкости.

Отличие гидравлической системы с разомкнутой циркуляцией рабочей жидкости от системы с замкнутой циркуляцией заключается в том, что в разомкнутой системе питание насоса жидкостью обеспечивается атмосферным давле-

нием. В гидравлической системе с замкнутой циркуляцией жидкости насос, линии всасывания и линия слива жидкости не сообщаются с атмосферой, а нагнетание дополнительной порции жидкости в рабочий насос и слив жидкости из выходного звена системы осуществляется насосом подпитки. На рисунке 41а представлена структурная схема гидравлической системы с разомкнутой циркуляцией жидкости. Ниже (рис. 41б) показана гидравлическая схема этой же системы, а основные элементы изображены стандартизованными условными обозначениями.

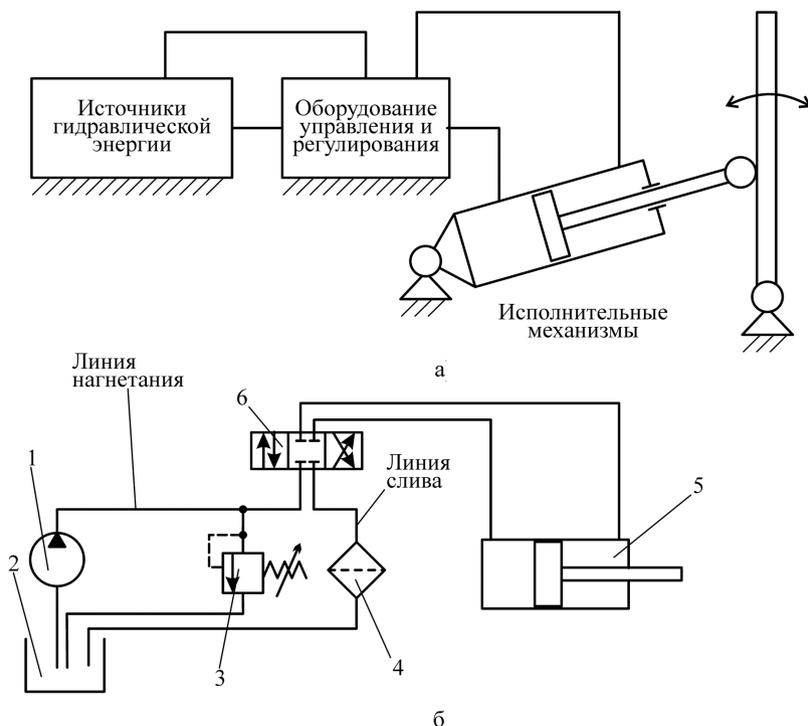


Рис. 41

Структура (а) и схема (б) гидравлической системы

с разомкнутой циркуляцией жидкости, условные обозначения:

1 — насос; 2 — бак с жидкостью; 3 — предохранительный клапан; 4 — фильтр; 5 — гидроцилиндр двустороннего действия; 6 — распределитель.

В гидравлической системе с поступательным движением выходного звена 5 (рис. 41а, б) имеются источники гидравлической энергии — насос 1 и бак с жидкостью 2. Насос 1 подает рабочую жидкость из бака в гидравлическую систему по линии нагнетания в специальное устройство 6, называемое распределителем, который, являясь элементом распределения потока жидкости, осуществляет включение, остановку и, при необходимости, реверсирование движения выходного звена 5. На схеме гидравлической системы показан предохранительный клапан 3, который должен срабатывать при превышении расчетного значения давления. На линии слива жидкости устанавливается фильтр 4, предназначенный для очистки рабочей жидкости от загрязнений перед ее сливом в бак.

При показанной на рисунке 41 позиции распределителя *б* видно, что жидкость, нагнетаемая насосом, свободно переливается в бак 2 через фильтр 9, давление в системе отсутствует (практически равно нулю). Переключение распределителя *б* в правую рабочую позицию приведет к поступлению жидкости в поршневую полость гидроцилиндра 5 двустороннего действия, вытеснению жидкости из штоковой полости в бак, перемещению штока гидроцилиндра 5. Перемещение штока гидроцилиндра 5 будет при условии, если давление *p* в системе достигнет значения

$$p = \frac{P_{\text{сс}} + P_{\text{тр}}}{S_{\text{поршня}}} [\text{Па}],$$

где $P_{\text{сс}}$ — сила сопротивления действию исполнительного органа; $P_{\text{тр}}$ — силы трения в узлах соединения соприкасающихся деталей гидроцилиндра; $S_{\text{поршня}}$ — площадь поршня гидроцилиндра.

Очевидно, если распределитель *б* установить в крайнюю левую позицию, то полезную работу гидроцилиндр будет производить в противоположном направлении.

На рисунке 42 приведена аналогичная схема гидравлической системы, в которой выходное звено вращательного действия — ротор гидромотора 5. Необходимо обратить внимание, что в данной схеме между исполнительными линиями включены предохранительные клапаны 3(1), 3(2), основным назначением которых является защита гидромотора при быстрых изменениях направления вращения ротора (реверсировании). Как видно, клапаны с такой миссией должны устанавливаться непосредственно у гидромотора, так как в их задачу входит мгновенное реагирование на возможное превышение давления.

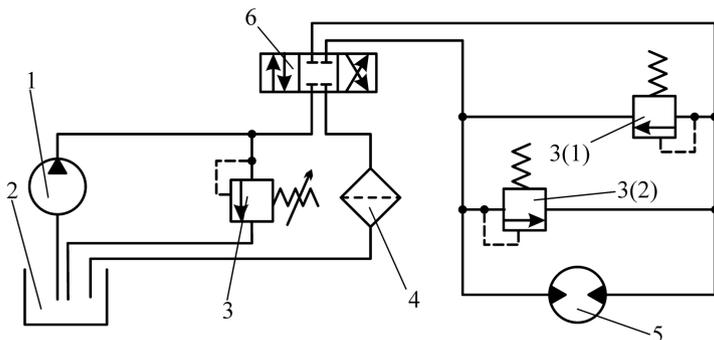


Рис. 42

Схема гидравлической разомкнутой системы с вращательным выходным звеном:

1 — насос; 2 — бак; 3 — клапан предохранительный; 4 — фильтр; 5 — гидромотор; 6 — распределитель.

На рисунке 43 представлена схема гидравлической системы с замкнутой циркуляцией жидкости. На схеме показано, что насос 1 соединен двумя напорными магистральными линиями с гидромотором 8, но соединение осуществляется через управляющий элемент-распределитель 4. Между насосом и гидромотором устанавливаются элементы управления и регулирования движением ротора мото-

ра, а также в системе с замкнутой циркуляцией жидкости устанавливается насос подпитки 2, главной функцией которого является обеспечение требуемого минимального уровня давления, контролируемого предохранительным клапаном 3. Подача жидкости в систему насосом подпитки 2 происходит через обратные клапаны 6(1) и 6(2).

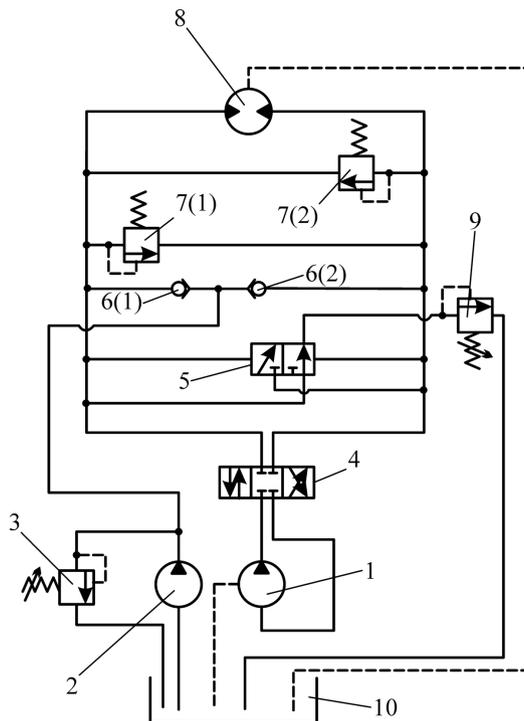


Рис. 43

Пример схемы гидравлической системы с замкнутой циркуляцией жидкости:

1 — насос; 2 — насос подпитки; 3 — клапан предохранительный; 4 — распределитель; 5 — распределитель; 6(1, 2) — клапан обратный; 7(1, 2) — клапан предохранительный; 8 — гидромотор; 9 — клапан подпорный; 10 — бак.

При циркуляции жидкости в замкнутом контуре происходит ее нагревание, поэтому для предупреждения чрезмерного нагрева циркулирующей в системе рабочей жидкости в таких системах предусматривается перепускание части жидкости из полости низкого давления в бак 10. Для выполнения этой регулирующей операции в системе устанавливаются специальный распределитель 5 и подпорный клапан 9. В зависимости от направления вращения гидромотора распределитель 5 совместно с подпорным клапаном 9 автоматически соединяют линию низкого давления с баком 10. Автоматическое переключение позиций распределителя 5 путем настройки момента срабатывания подпорного клапана 9, который настраивается так, чтобы расход жидкости через него был всегда ниже производительности насоса.

В гидравлической системе с замкнутой циркуляцией жидкости слив части жидкости в бак, показанный на схеме штрихпунктирными линиями из насоса и

гидромотора, весьма незначительный. Поэтому объем бака в таких системах меньше в 1,5–2 раза объема бака систем с разомкнутой циркуляцией. Важным преимуществом замкнутой гидравлической системы является возможность применения в ограниченных размерах конструкциях, в которых затруднена совместная установка насоса и бака.

Контрольные вопросы и задания по разделу 2.2

1. Представить графически (в любом формате и в любом виде) известные вам гидравлические системы, которые эксплуатируются в жилых помещениях в известных вам технических устройствах. Опишите кратко их технические характеристики, основные элементы.

2. Составьте краткий перечень основных физических законов, благодаря действию которых гидравлические системы широко используются.

3. Составьте таблицу условных графических изображений элементов гидравлических систем; объясните, почему приняты именно такие графические изображения и символы.

4. Установите, какие программные системы и комплексы применяются для разработки, проектирования и эксплуатации гидравлических систем. Составьте доклады (сообщения) для обсуждения на практических занятиях.

2.3. Назначение, классификация и комплектование машинно-тракторных агрегатов

Совокупность трактора с рабочими техническими устройствами одного типа, предназначенными для механизированного выполнения одной операции в технологическом процессе обработки почвы или посадки, или ухода, или уборки урожая сельскохозяйственных культур, называется машинно-тракторным агрегатом (МТА, рис. 44). Широкое разнообразие технологических процессов производства продукции растениеводства и необходимость механизации множества трудоемких операций обуславливает постоянную разработку и применение различных по конструкции технических устройств, включаемых в состав машинно-тракторных агрегатов.

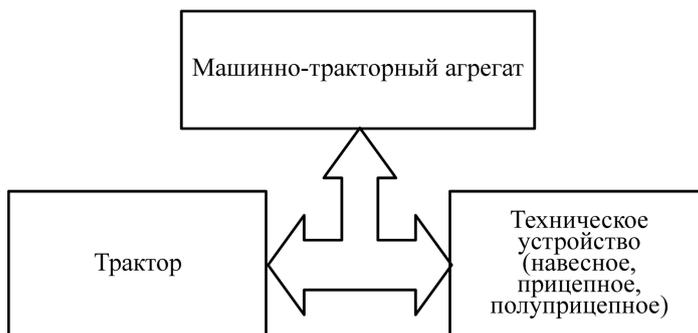


Рис. 44

Традиционная структурная схема машинно-тракторного агрегата

Поэтому в настоящее время разработаны и применяются разнообразные машинно-тракторные агрегаты, соответствующие различным технологиям, технологическим приемам выполнения сельскохозяйственных работ в растениеводстве. Состав машинно-тракторных агрегатов, последовательность и режимы их работы устанавливаются в зависимости от агротехнических требований, сроков, норм высева и посадки, внесения органических и минеральных удобрений и других, не менее важных, технологических операций [7, 8, 10, 17, 26].

Традиционно принято, что машинно-тракторный агрегат может быть простым, комплексным и сложным. Машинно-тракторный агрегат считается простым, если к машине присоединяется сельскохозяйственное орудие (техническое устройство), предназначенное для выполнения одной операции технологического процесса. Если к одному тягачу (трактору) присоединяется ряд орудий для выполнения последовательных операций, например пахоты с боронованием, то составленный машинно-тракторный агрегат называется комплексным. При большом числе орудий, навешиваемых или прицепных, полуприцепных, выполняющих более двух операций, машинно-тракторный агрегат принято называть сложным. Существуют и другие признаки, особенности машинно-тракторных агрегатов, по которым они классифицируются. Например, машинно-тракторные агрегаты тяговые, тягово-приводные, приводные и т. д.

В тяговых машинно-тракторных агрегатах их движение и выполнение рабочих функций осуществляется за счет тяговой силы, развиваемой трактором. Такими МТА являются плуги, бульдозеры, грейдеры, транспортные прицепы и подобные машины (рис. 45).

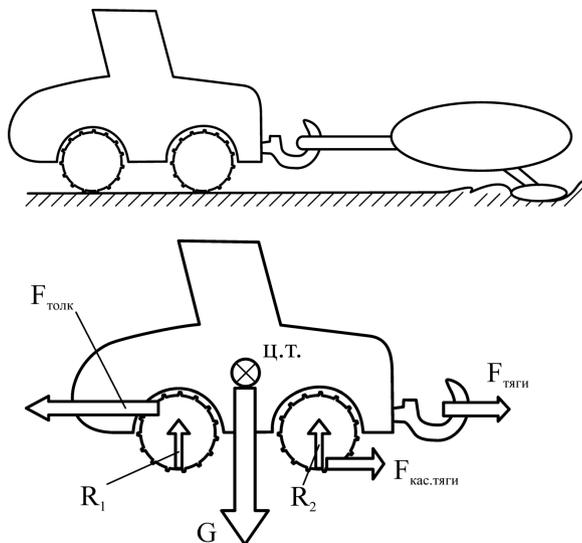


Рис. 45

Схематичное представление работы тягового машинно-тракторного агрегата

Работа тягово-приводных машинно-тракторных агрегатов производится не только тяговой силой трактора, но дополнительно отдельные механизмы агрегата приводятся в движение непосредственно двигателем трактора через сис-

тему механизмов отбора мощности. Тягово-приводные машинно-тракторные агрегаты получили широкое распространение; к таким МТА относятся различные прицепные и навесные комбайны (например картофелеуборочные), сеялки, коммунальные машины, скреперы со скребковой загрузкой (рис. 46).

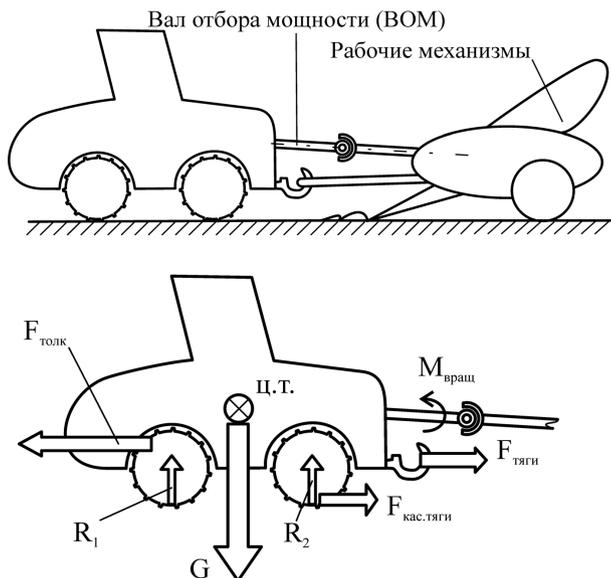


Рис. 46

Схематичное представление работы тягово-приводного машинно-тракторного агрегата

В настоящее время приводные машинно-тракторные агрегаты, в которых трактор или силовые тракторные установки применяются в качестве источников механической энергии для стационарных технических устройств, применяются крайне редко.

Машинно-тракторные агрегаты по способу передачи на трактор веса и других сил, создаваемых сельскохозяйственными орудиями, механизмами и прочими техническими устройствами, при их соединении с трактором, могут быть навесными, полунавесными (полуприцепными) или прицепными (рис. 47). Общепринятые определения закреплены стандартами, в частности ГОСТ Р 53489-2009 «Машины сельскохозяйственные навесные и прицепные». Данным стандартом, применительно к машинно-тракторному агрегату, трактор определяется как энергетическое средство, а именно — совокупность двигателя, трансмиссии и движителя, обеспечивающая движение и работу самоходных машин и привода их рабочих органов.

Навесной машиной называется машина, закрепляемая на навесную систему энергетического средства. Масса такой машины в транспортном положении полностью воспринимается энергетическим средством (трактором). Если масса машины в транспортном положении частично воспринимается энергетическим средством (трактором), то такая машина является полунавесной. При переводе из рабочего положения в транспортное узел присоединения ее к энергетическому средству (трактору) принудительно перемещается в новое положение по

высоте. Обычно в полунавесных машинно-тракторных агрегатах технические устройства навешиваются (агрегатируются) сзади трактора.

Монтируемой машиной называется машина, закрепляемая на навесную систему и (или) на другие точки энергетического средства с дополнительным монтажом ряда сборочных единиц. Масса монтируемой машины полностью воспринимается энергетическим средством.

Прицепной называется машина, масса которой в транспортном положении воспринимается ее ходовой частью. Если масса машины только частично воспринимается энергетическим средством (трактором), а большая доля массы воспринимается собственной ходовой частью, то такая машина называется полуприцепной системой. В качестве примеров машинно-тракторных агрегатов с прицепными техническими устройствами можно привести различного типа двухосные прицепы, волокуши, бороны и т. п.

Навесные технические устройства, как правило, не имеют собственного двигателя и опираются полностью или частично на остов трактора. По опиранию на остов трактора относительно центра тяжести трактора эти устройства называются фронтальными, центральными, боковыми, задними или комбинированными.

Структурная схема традиционного машинно-тракторного агрегата не обладает существенными отличиями от структуры собственно машины (рис. 9, 47). Вместе с тем, в структуре машинно-тракторного агрегата есть характерные особенности — отдельные рамы, одна из которых принадлежит машине с автономным источником энергии, а на второй (и более) раме монтируются исполнительные и рабочие органы.

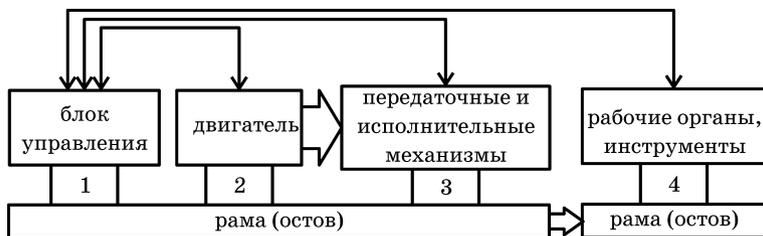


Рис. 47

Структурная схема машинно-тракторного агрегата (прицепного)

Существующие конструкции механизмов навески агрегатов, гидравлические и другие системы трактора обеспечивают надежное присоединение к трактору навесных, полунавесных и прицепных сельскохозяйственных машин. Вторая особенность структуры машинно-тракторного агрегата — исполнительные механизмы управления рабочими органами. Конструкции современных плугов и других почвообрабатывающих агрегатов, управляемые устройства крепления плугов и других агрегатов к трактору являются характерными признаками новой структуры рабочей машины.

Высокие энергетические возможности современных тракторов как автономных источников энергии, позволяют совершенствовать технологии обработки почвы, разрабатывать и применять новые сельскохозяйственные орудия и агрегаты. Анализ тенденций развития устройств, соединяющих агрегаты

с трактором, систем управления работой агрегатов выделяет явные специфические особенности трансформации машинно-тракторных агрегатов в отдельный класс роботоподобных машин.

Комплектование машинно-тракторного агрегата (агрегатирование)

Теория и практика механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства направлены на решение главной проблемы — достижение высокой эффективности технологических процессов производства. Количественные и качественные показатели производства сельскохозяйственной продукции определяются потреблением материальных и нематериальных ресурсов, в первую очередь — энергетических, трудовых и финансовых. Именно затраты на потребление этих ресурсов формируют существенную часть себестоимости продукции и, следовательно, конечную стоимость продукции.

Особо выпукло необходимость оценки эффективности применения машин — различных энергетических и технологических средств механизации, электрификации и автоматизации технологических процессов — проявляется в растениеводстве. В этой отрасли сельскохозяйственного производства наиболее полно и комплексно качество и количество продукции является результатом взаимодействия машин с окружающей средой в разных природно-климатических условиях.

Широкое разнообразие технологических процессов растениеводства, видов и типов машин, природно-климатические условия производства затрудняют проведение сравнительного технико-экономического анализа производственной деятельности сельскохозяйственных предприятий по общепринятым в других отраслях методикам. Эти специфические особенности обусловили разработку фундаментальной концепции оценки энергоёмкости технологий сельскохозяйственного производства, которая стала методологической основой сравнительного анализа существующих и новых технологических процессов и технологий по критериям ресурсосбережения при производстве единицы продукции [8, 10, 17].

Примером реализации концепции и получения практически важных результатов служат методы анализа энергетических затрат при оптимизации комплектования машинно-тракторных агрегатов (МТА), выбора эффективных режимов эксплуатации, сохранения и поддержания их работоспособности. Поэтому, в частности, изучение основных вопросов анализа и оценки эффективности комплектования машинно-тракторных агрегатов, широко и повсеместно применяемых в растениеводстве, имеет важное практическое значение.

Выше было указано, что машинно-тракторный агрегат (МТА) есть единая совокупность автономного источника механической энергии — трактора — с рабочими техническими устройствами одного типа, предназначенными для механизированного выполнения одной или нескольких операций технологического процесса выращивания и получения урожая сельскохозяйственных культур. Большое количество необходимых для удовлетворения постоянно растущих потребностей человека в продукции растениеводства диктует разнообразие технологических процессов производства этой продукции, развитие и совершенствование теоретических основ составления, агрегатирования, комплектования машинно-тракторных агрегатов.

При этом главной практической целью научного обоснования выбора состава МТА, предназначенного для выполнения операций технологических процессов растениеводства, является оптимизация энергетических затрат на единицу продукции. Научное обоснование комплектования МТА для достижения цели осуществляется с учетом следующих требований:

- высокая производительность труда при минимальных трудовых, топливно-энергетических, финансовых, материальных удельных затратах используемых ресурсов;
- высокое качество выполняемых технологических операций;
- наименьшее отрицательное воздействие на окружающую среду.

Установленные в ходе практического применения непрерывно совершенствующихся машинно-тракторных агрегатов закономерности изменения их технико-экономических и энергетических параметров в реальных условиях эксплуатации обеспечивают рациональное комплектование МТА. Необходимо отметить, что решением задачи комплектования машинно-тракторного агрегата в механизированных технологических процессах для заданного агрофона являются:

- выбор оптимальных тяговых усилий трактора;
- выбор скорости движения агрегата, приемлемой для выполняемой операции;
- вычисление ширины захвата агрегируемых технологических средств.

Методические основы комплектования МТА

Разработанные в настоящее время методические основы составления, комплектования МТА в кратком виде приводятся ниже (подробное изложение основ комплектования МТА приводится в курсах «Механизация сельскохозяйственного производства» и выходит за рамки данного учебного пособия).

В учебном пособии [8] указывается, что оптимизация состава МТА осуществляется по следующим ключевым критериям:

- максимальный коэффициент полезного действия трактора — η_T^{\max} ;
- максимальная производительность — W (га/ч) МТА;
- минимальный расход топлива — q_D (кг/га);
- минимальные удельные затраты энергии на единицу выполняемой работы — \mathcal{E}_y^a или \mathcal{E}_y^v (здесь за единицу выполняемой работы может быть принята единица площади или время).

Очевидно, что выбрать оптимальный состав МТА для выполнения определенной операции технологического процесса можно только после вычисления предполагаемых рабочих свойств различных вариантов МТА, которые могут быть реализованы на конкретном сельскохозяйственном предприятии. Поэтому в [8] приводятся алгоритмы вычисления рабочих свойств машинно-тракторных агрегатов для ряда практически возможных производственных ситуаций:

- комплектование МТА с заданным трактором;
- комплектование МТА с заданным технологическим устройством;
- расчет требуемых рабочих свойств МТА.

Комплектование оптимального состава МТА с заданным трактором

При решении задачи оптимального выбора состава МТА с заданным трактором должны быть известны технологический процесс выполнения конкретной сельскохозяйственной работы (вспашки, глубокого рыхления, дискования, культивации, посева, междурядной обработки посевов и т. п.), технические характеристики трактора (табл. 9).

Таблица 9

Технические характеристики трактора

Наименование характеристики	Условное обозначение	Ед. изм.	Значение
Тяговый класс	—	кН	*
Марка (модель)	*	—	—
Модельный ряд	*	—	—
Колесная формула	*	—	*
Эффективная мощность двигателя	N_e	кВт	*
Эксплуатационный вес (базовый)	G	кН	*
Номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя	n_k	мин ⁻¹	*
Удельный расход топлива	q_c^H	г/кВт-ч	*
Диапазон скоростей движения	V	км/ч	*
Колея	—	мм	*
Габариты, мм	длина×ширина	мм	*
Минимальный радиус поворота	R_{min}	м	*

Примечание. * — значение выбирается по таблицам в справочниках.

В разделах технологических документов выполняемых МТА операций отражаются условия работы агрегата (характеристика агрофона, уклон поля i и другие), которые учитываются экспериментально установленными и теоретически обоснованными характеристиками взаимодействия рабочих органов машин с почвой, а именно коэффициентами сцепления известного движителя трактора с почвой μ , сопротивления качению трактора f и сельскохозяйственной машины f_m . Необходимые для расчетов характеристики взаимодействия рабочих органов машин с почвой приводятся в базах данных автоматизированной системы «Сельхозтехника» и в других справочниках, учебниках, учебных пособиях по комплектованию МТА [=]. Например, ниже показаны отдельные таблицы 10–13, составленные А. П. Карабаницким, М. И. Чеботаревым [8].

Таблица 10

Коэффициенты сцепления μ , сопротивления качению колесных тракторов f и сельскохозяйственных машин f_m для отдельных агрофонов [8]

Агрофон	Коэффициенты		
	сцепления	качения	
		трактора	устройства
μ	f	f_m	
...
Стерня зерновых колосовых и однолетних трав	0,85	0,07	0,08
Поле после уборки кукурузы и подсолнечника	0,80	0,08	0,09
Дискованная (взлущенная) стерня	0,75	0,10	0,10
...

Таблица 11

Удельные тяговые сопротивления k_m , средний удельный вес q_m , интервал технологически допустимых скоростей движения $V_{\min}-V_{\max}$ машин по видам работ [8]

Вид работы	Глубина обработки, см	k_m , кН/м	q_m , кН/м	$V_{\min}-V_{\max}$, км/ч
Лущение стерни дисковыми орудиями типа ЛДГ	6–8	2,0–2,2	2,5	8–12
	8–10	2,3–2,4		
Дискование стерни боронами типа БД	6–8	3,0–3,2	4,1	8–11
Лемешное лущение стерни	10–12	7,5–8,0	4,8	6–10
	12–14	10,0–10,2		
Дискование стерни тяжелыми боронами типа БДТ	6–8	4,4–5,1	10–12	6–12
	8–10	6,5–6,7		
	10–12	6,7–6,9		
Дискование зяби боронами типа БД	8–10	3,5–3,8	4,8	6–10
...

Таблица 12

Удельные тяговые сопротивления $k_{пл}$, средний удельный вес $q_{пл}$, интервал технологически допустимых скоростей движения $V_{\min}-V_{\max}$ пахотных агрегатов по видам работ [8]

Вид сельскохозяйственной работы	Тип почв	$k_{пл}$, кН/м ²	$q_{пл}$, кН/м	$V_{\min}-V_{\max}$, км/ч
Вспашка почвы прицепными плугами	легкие	до 35	8–9	4,5–8,5
	средние	35–50		
	тяжелые	50–85		
	весьма тяжелые	свыше 85		
Вспашка почвы навесными и полунавесными плугами	легкие	до 30	5–8	7,0–12,0
	средние	30–42		
	тяжелые	42–72		
	весьма тяжелые	свыше 72		

Таблица 13

Мощность двигателя трактора $N_{\text{вот}}$, направляемая на привод рабочих органов машин, через вал отбора мощности (ВОМ) [8]

Тип сельскохозяйственной машины	$N_{\text{вот}}$, кВт
Комбайн кормоуборочный	20–25
Косилка-измельчитель	13–17
Разбрасыватель органических удобрений, опрыскиватель	10–15
Опрыскиватель штанговый	10–12
Ботвоуборочная машина	9–12
Опыливатель	9–10
Разбрасыватель минеральных удобрений	8–12
Жатка валковая	5–9

Как видно из приведенных выше таблиц, числовые значения рабочих свойств сельскохозяйственных орудий и устройств, которыми могут быть укомплектованы машинно-тракторные агрегаты, имеют достаточно широкий диапазон. Именно поэтому для каждого варианта комплектования МТА должны вычисляться: коэффициент полезного действия трактора — η_M^{\max} , производительность МТА — W , расход топлива — q_p , удельные затраты энергии на

единицу выполняемой работы — $\mathcal{E}_y^{\text{га}}$ или $\mathcal{E}_y^{\text{ч}}$. Основными рабочими параметрами, характеризующими свойства любого варианта МТА для выполнения конкретной операции технологического процесса, являются ширина захвата B обрабатываемой площади и рабочая скорость V движения МТА.

Значение максимальной тяговой мощности $N_{\text{кр}}^{\text{max}}$ заданного трактора ($N_e^{\text{н}}$ и $\eta_{\text{м}}$ известны и постоянны) в составе МТА зависит, как было показано выше, от величины коэффициентов сцепления μ и буксования двигателя трактора δ , сопротивления качению трактора f , доли эксплуатационного веса трактора, выпадающей на его двигатель.

Например [8], необходимо провести дискование стерни колосовых культур на глубину 0,06–0,08 м машинно-тракторным агрегатом с трактором New Holland T-7030. Условия работы МТА: агрофон — стерня, коэффициент сцепления двигателя трактора с почвой $\mu = 0,80$, коэффициент сопротивления качению трактора $f = 0,10$, уклон поля $i = 3\%$.

Трактор New Holland T-7030 с колесной формулой 4К4 имеет эксплуатационный вес $G = 66$ кН. Эффективная мощность двигателя $N_e^{\text{н}}$ трактора при номинальной частоте вращения коленчатого вала $n_{\text{н}} = 2200 \text{ мин}^{-1}$ равна 121 кВт, удельный расход топлива $q_e^{\text{н}} = 205 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}$, механический КПД трансмиссии $\eta_{\text{м}} = 0,915$, допустимый коэффициент буксования $\delta_{\text{д}} = 15\%$.

Очевидно, что высокая энерговооруженность трактора может обеспечить качественное дискование стерни на заданную глубину 0,06–0,08 м при комплектовании МТА тяжелыми боронами типа БДТ. Тогда, при выполнении заданного вида работы тяжелыми боронами типа БДТ для вычисления эффективности предполагаемого состава МТА могут быть приняты следующие числовые значения (табл. 11, АСС «Сельхозтехника»):

- удельное тяговое сопротивление $k_{\text{м}} = 4,6 \text{ кН/м}$;
- удельный вес дисковых борон $q_{\text{м}} = 11 \text{ кН/м}$;
- интервал допустимых скоростей движения $V_{\text{мин}} - V_{\text{max}} = 6 - 12 \text{ км/ч}$.

При известных условиях выполнения работы и в заданном интервале допустимых скоростей движения машинно-тракторный агрегат в составе трактор New Holland T-7030 + тяжелые бороны типа БДТ может развивать тяговую (полезную) мощность $N_{\text{п}}^{\text{д}}$ в диапазоне

$$N_{\text{п}}^{\text{д}} = N_e^{\text{н}} \eta_{\text{м}} \left(1 - \frac{\delta}{100} \right) - \frac{GV \left(f \pm \frac{i}{100} \right)}{3,6} = 79,8 \dots 65,5 \text{ кВт.}$$

Вместе с тем, сцепные свойства двигателя данного трактора при взаимодействии с данной обрабатываемой почвой при заданном интервале скоростей движения МТА с тяжелыми боронами типа БДТ позволяют развивать тяговые мощности в более широком диапазоне

$$N_{\text{кр}}^{\text{д}} = \frac{GV \left[\lambda \mu - \left(f \pm \frac{i}{100} \right) \right]}{3,6} - N_e^{\text{н}} \eta_{\text{м}} \frac{\delta}{100} = 57,07 \dots 130,75 \text{ кВт.}$$

Но технические возможности трактора (мощность двигателя N_e^H трактора при номинальной частоте вращения коленчатого вала $n_H = 2200 \text{ мин}^{-1}$) могут обеспечить максимальную скорость движения МТА, равную

$$V_{N_{кр}^{\max}} = 3,6 \frac{N_e^H \eta_M}{G \lambda \mu} = 7,51 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Тогда, так как значение максимальной скорости движения МТА лежит внутри интервала допустимых скоростей движения тяжелых борон типа БДТ (6–12 км/ч), то качественное и эффективное выполнение работы МТА может быть реализовано при тяговой мощности трактора $N_{кр}^{\max}$, не превышающей

$$N_{кр}^{\max} = N_e^H \eta_M \left(1 - \frac{\delta}{100} - \frac{f \pm \frac{i}{100}}{\lambda \mu} \right) = 76,39 \text{ кВт}.$$

Вычисление числовых значений тяговых мощностей трактора в предполагаемом составе МТА проведено для определения оптимальной ширины захвата агрегата B_{opt} при выполнении известной агротехнологической операции. Величина удельной тяговой мощности $N_{уд}$, необходимой для качественной и эффективной работы МТА, равна

$$N_{уд} = \frac{V_{opt}}{3,6} \left(k_{M(i)} \pm q_{M(i)} \frac{i}{100} \right) = 10,3 \frac{\text{кВт}}{\text{м}}.$$

Тогда, оптимальная ширина захвата B_{opt} агрегата

$$B_{opt} = \frac{N_{кр}^{\max}}{N_{уд}} = 7,42 \text{ м}.$$

Полученные результаты позволяют уточнить и выбрать конкретный тип технологического средства (тяжелые бороны типа БДТ), принятого для предполагаемого состава МТА, и на базе уточненных данных определить рациональные эксплуатационные режимы выполнения агротехнологической операции. Так, в данном примере, на основе изучения справочных данных (табл. 10–13, АСС «Сельхозтехника»), авторы [8] рекомендуют дисковую борону БДТ-7 с конструктивной шириной захвата $B = 7 \text{ м}$ и эксплуатационным весом $G_M = 38 \text{ кН}$.

Тяговое сопротивление данной бороны $R_{ар}$ при движении МТА вверх по уклону поля равно

$$R_{ар} = b_{M(i)} k_{M(i)} \pm G_{M(i)} \frac{i}{100} = 33,3 \text{ кН}.$$

Тогда, необходимая для работы агрегата тяговая мощность $N_{ар}$ трактора New Holland T-7030 в интервале допустимых скоростей движения МТА может быть в пределах

$$N_{ар} = \frac{R_{ар} (V_{\min} - V_{\max})}{3,6} = 55,5 - 111,0 \text{ кВт}.$$

Рациональная скорость движения МТА при уточненном тяговом сопротивлении тяжелой дисковой бороны БДТ-7 с конструктивной шириной захвата $B = 7$ м и эксплуатационным весом $G_M = 38$ кН равна

$$V_{\text{рац}} = \frac{3,6 N_e^H \eta_M \left(1 - \frac{\delta}{100}\right)}{R_{\text{ар}} + G \left(f \pm \frac{i}{100}\right)} = 8,09 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Тогда, для качественного выполнения операции с уточненной рациональной скоростью движения МТА достаточно тяговой мощности $N_{\text{ар}}$, равной

$$N_{\text{ар}} = \frac{R_{\text{ар}} V_{\text{рац}}}{3,6} = 74,8 \text{ кВт}.$$

Следовательно, коэффициент использования тяговой мощности МТА будет равен

$$\eta_{\text{им}} = \frac{N_{\text{ар}}}{N_{\text{кр}}^{\text{max}}} = 0,98.$$

Тяговый КПД трактора New Holland Т-7030 в составе предполагаемого МТА равен

$$\eta_{\text{т}} = \frac{N_{\text{ар}}}{N_e^H} = 0,62,$$

а максимально возможный тяговый КПД трактора в рассматриваемых условиях работы агрегата составит

$$\eta_{\text{т}} = \frac{N_{\text{ар}}}{N_e^H} = 0,62 \rightarrow \eta_{\text{т}}^{\text{max}} = \frac{N_{\text{кр}}^{\text{max}}}{N_e^H} = 0,63.$$

Эффективная мощность двигателя трактора N_e в составе МТА равна

$$N_e = \frac{V}{3,6} \left\{ R_{\text{ар}} \left[2 - \eta_M \left(1 - \frac{\delta}{100}\right) \right] + G \left(f \pm \frac{i}{100}\right) \right\} = 110,74 \text{ кВт}.$$

Тогда, коэффициент загрузки двигателя трактора будет равен

$$\eta_3 = \frac{N_e}{N_e^H} = 0,91.$$

Таким образом, комплектование МТА в составе трактор New Holland Т-7030 и тяжелая бороны БДТ-7 при качественном выполнении заданной технологической операции с рабочей скоростью движения, равной 8,09 км/ч, обеспечивает минимум энергозатрат. Действительно, результаты вычислений эффективности использования развиваемых мощностей показывают, что значение тягового КПД МТА $\eta_{\text{т}} = 0,62$ практически соответствует максимально возможному тяговому КПД трактора $\eta_{\text{т}}^{\text{max}} = 0,63$ при высоком коэффициенте загрузки двигателя трактора $\eta_3 = 0,91$.

Представленный выше пример анализа энергетических затрат на используемые в технологических процессах растениеводства машин, технических устройств, средств и систем, машинно-тракторных агрегатов, демонстрирует высокую практическую значимость оценки энергоёмкости технологий сельскохозяйственного производства [10, 17]. Результаты оценки дают основания для выбора рациональных режимов эксплуатации МТА, обеспечивающих высокую работоспособность машин, разработку предложений по совершенствованию машин, создание необходимой ремонтно-эксплуатационной базы.

Концепция оценки энергоёмкости технологий в растениеводстве предусматривает сравнительный анализ процессов и технологий по прямым и косвенным энергетическим затратам. В частности, по совокупным энергетическим затратам, определяемым национальным стандартом Российской Федерации ГОСТ ИСО 13600-2011 «Системы технические энергетические».

Широкое применение новых энергетически эффективных машин нового поколения, обеспечивающих прогрессивные технологии растениеводства, предполагает изменение традиционного подхода к комплектованию машинно-тракторного агрегата в прежнем виде. Ведущими учеными и специалистами [2–4, 12] предлагается, наряду с прежними техническими и технологическими концепциями комплектования машинно-тракторных агрегатов, все больше рассматривать и активно применять на практике новые перспективные технологии растениеводства с использованием **составных сельскохозяйственных агрегатов** (рис. 48).



Рис. 48

Структура составного сельскохозяйственного агрегата [17]

В машинно-тракторном агрегате — источнике механической энергии — трактор представляет собой машину с прямой и, часто, единственной функцией тягача. Энергетические возможности силовых установок тракторов (двигателей) в составе МТА были ограниченными и требовали постоянной оптимизации затрат материальных и других ресурсов.

Принципиальное отличие составного сельскохозяйственного агрегата от прежнего машинно-тракторного агрегата заключается в существенном изменении качеств и свойств основных составляющих структуры агрегата. Составной сельскохозяйственный агрегат — это единая, энерговооруженная машина (рис. 49), реализующая принцип модульного построения на базе мобильных

и/или универсальных энергетических средств (**несущих систем**) со сменяемыми модулями-адаптерами (**технологическими системами**).

В настоящее время под определение технологических систем или СМ-А составных сельскохозяйственных агрегатов с несущими системами представленных семейств и моделей МЭС и УЭС входят почвообрабатывающие машины-орудия, грузонесущие и распределяющие кузова или цистерны для зерна, свеклы и удобрений, кормоуборочные и зерноуборочные комплексы.

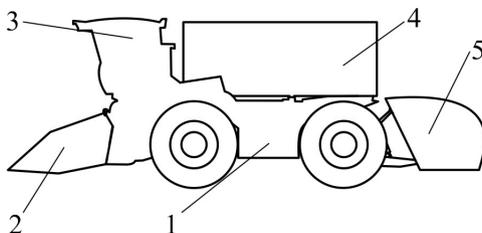


Рис. 49

Составной сельскохозяйственный агрегат

на многофункциональном энергетическом средстве:

1 — шасси; 2 — передний СМ-А; 3 — кабина; 4 — монтируемый СМ-А; 5 — задний СМ-А.

Введение в оборот обобщенного понятия «технологические системы» составного сельскохозяйственного агрегата точнее и полнее отражает содержательный смысл назначения исполнительных механизмов, рабочих органов и других технических устройств, выполняющих операции технологических процессов растениеводства. Принцип, концепция модульного построения технологических систем, представляемых, в первую очередь, сменяемыми модулями-адаптерами (СМ-А), реализуется не только их конструктивным решением, но и устройством средств их агрегатирования с несущими системами в единый высокоэффективный агрегат [2–4].

Контрольные вопросы и задания по разделу 2.3

1. Составить таблицу сельскохозяйственных орудий и устройств с указанием основных технических характеристик. Сделать краткое описание выполняемых ими работ с обязательным указанием рекомендуемых режимов эксплуатации.

2. Представить графические изображения приведения в действие передаточных механизмов и исполнительных органов отдельных сельскохозяйственных машин и агрегатов.

3. Составить таблицу промышленных тракторов отечественного и зарубежного производства, провести сравнительный анализ промышленных и сельскохозяйственных тракторов, определить основные тенденции развития машинно-тракторных агрегатов.

ГЛАВА 3. ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ, УНИВЕРСАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

3.1. Несущие системы составных сельскохозяйственных агрегатов

Несущие системы составных сельскохозяйственных агрегатов — многофункциональные и/или универсальные энергетические средства (МЭС и/или УЭС) — могут классифицироваться по отдельным характерным признакам [16–20]: принципу формирования ССА, компоновке машин, устройствам замены модулей-адаптеров и др.

Сегодня общепринято, что при производстве продукции сельского хозяйства применяются мобильные энергетические средства, которые подразделяются на три основные группы: специальные, специализированные и универсальные [Бурьянов]. В группу специальных мобильных энергетических средств входят машины, предназначенные для выполнения одной, специальной технологической операции и вооруженные специальными исполнительными механизмами: самоходные разбрасыватели удобрений, опрыскиватели, ботво- и корнеуборочные машины, комбайны для уборки одной культуры и т. п.

Главным преимуществом **специальных** мобильных составных сельскохозяйственных агрегатов является их постоянная готовность к работе по основному назначению. Поэтому такие машины используются на предприятиях с большим объемом производства определенной сельскохозяйственной культуры. Например, разработаны и серийно выпускаются самоходные свеклоуборочные комбайны ROPA euro-Tiger V8 3, Holmer Terra Dos T3, Franz Kleine (Германия) и др.

Специализированными мобильными энергетическими средствами называются энергонасыщенные машины, предназначенные для выполнения однотипных операций, также с высоким уровнем годовой загрузки. В группу специализированных машин входят самоходные косилки, зерноуборочные и кормоуборочные комбайны, оснащаемые широким набором сменяемых модулей-адаптеров. Конструкции специализированных машин обеспечивают высокие ходовые качества, машины имеют развитые устройства для крепления и управления навесными и прицепными модулями-адаптерами. Специализированные энергетические средства обладают высокими маневренными качествами и производительностью. Комплектация при поставке таких машин осуществляется по требованиям сельских товаропроизводителей.

Введение новой категории машин — источников механической энергии, в составе ССА — **многофункциональных и/или универсальных** энергетических средств, конструктивно оснащаемых и комплектуемых набором навесных или прицепных сменных модулей-адаптеров, открывает новые направления

улучшения качества продукции и повышения эффективности сельскохозяйственных предприятий. Особое практическое значение имеют многофункциональные и/или универсальные энергетические средства (МЭС и/или УЭС), конструктивно соосно сопряженные и агрегируемые со сменяемыми модулями-адаптерами (СМ-А) с образованием прямого потока прохождения продукта.

В данном разделе рассмотрены конструкции и устройства некоторых современных МЭС и/или УЭС, выпускаемых машиностроительными предприятиями и используемых российскими сельскохозяйственными предприятиями. Развитие и совершенствование структуры и устройства таких энергетических средств наиболее отчетливо проявляется при рассмотрении конструктивных и компоновочных решений, принятых в современных самоходных кормоуборочных комбайнах с прямым потоком прохождения продукта.

Любые комбайны, в том числе кормоуборочные и другие сельскохозяйственные комбайны, обладают принципиальными особенностями:

- комбайн имеет автономный источник энергии (двигатель) для собственного передвижения и приведения в действие других рабочих машин и рабочих органов (инструментов);
- комбайн — единый, сложный комплекс рабочих машин, расположенных и соединенных между собой на общей раме и одновременно выполняющих различные технологические процессы производства продукта.

Типовая структурная схема кормоуборочного комбайна с прямым потоком прохождения продукта представлена на рисунке 50. В составе комбайна одновременно функционируют механизмы следующих рабочих машин, приводимых в движение одним двигателем: механизмы движителя (Д), питающего аппарата (ПиА), измельчающего аппарата (ИА), плющильного аппарата (ПлА), ускорителя потока кормовой массы (УПМ) и силосопровода (СП).

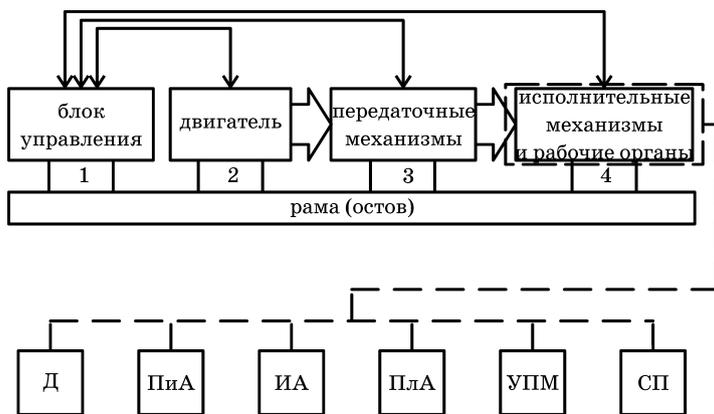


Рис. 50

Типовая структурная схема кормоуборочного комбайна:

1, 2, 3, 4 — узлы крепления блока управления, двигателя, передаточных механизмов и рабочих машин.

Необходимо отметить, что в структуре комбайна указанные механизмы машин имеют общий остов (раму). На рисунке 50 показано, что блок управле-

ния работой всех составных частей комбайна — рабочих машин, узлов и агрегатов — имеет прямую и обратную связи с управляемыми объектами комбайна.

Последовательность выполнения технологических операций уборки и переработки кормовых культур комбайнами следующая. При движении кормоуборочного комбайна растения по полосе равной ширине захвата жатки или приемного устройства подборщика (не менее 3 м) захватываются вальцами и подаются на измельчающий барабан и дробилку, затем кормовая масса поступает в ускорительное устройство, которое создает плотный поток кормовой массы, направляемый в силосопровод.

Двигатели кормоуборочных комбайнов, как правило, устанавливаемые поперек продольной оси комбайна, обладают достаточной мощностью для приведения в движение всех исполнительных, рабочих механизмов, машин и агрегатов (табл. 14).

Таблица 14

Мощность двигателей кормоуборочных комбайнов отечественного и зарубежного производства

Комбайн	Ед. изм.	Значение
Дон 680	кВт	240
Компании <i>Claas</i> ряда <i>Jaguar</i>	кВт	236–445
New Holland	кВт	343–565
Комбайны ряда <i>Big</i> фирмы <i>Crone</i>	кВт	375–793
Комбайны фирмы <i>John Deer</i>	кВт	281–597
Комбайн «Палессе FS 8060»	кВт	480

Как видно из таблицы 14, значения мощности применяемых на кормоуборочных комбайнах двигателей находятся в достаточно широком диапазоне: не менее 230 кВт и более 590 кВт. Такой широкий диапазон мощности двигателей комбайнов обусловлен основным целевым требованием к сельскохозяйственным энергетическим средствам, в частности к кормоуборочным комбайнам: одновременное эффективное выполнение различных технологических процессов. Именно это требование обуславливает развитие универсальных энергетических средств и дальнейшее применение их в качестве источников энергии в составных сельскохозяйственных агрегатах.

Самоходный кормоуборочный комбайн Дон 680М

Устройство и конструкции кормоуборочных комбайнов рассматриваются на примере отдельных марок машин, широко применяемых предприятиями в настоящее время. Основное внимание уделено принципиальным особенностям конструкции машин, так как конкретные технические подробности устройства агрегатов и узлов машин даются в руководствах по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту, прилагаемых к каждому изделию.

За основу принят комбайн отечественного производства — комбайн Дон 680М, выпускаемый одним из лидеров сельскохозяйственного машиностроения — ООО «Комбайновый завод „Ростсельмаш“». Это группа компаний, в которую входят 13 предприятий, расположенных на 10 производственных площадках в 4 странах, выпускающих технику под брендами РОСТСЕЛЬМАШ

и VERSATILE. Завод производит более 150 моделей и модификаций зерно- и кормоуборочных комбайнов, тракторов, опрыскивателей, кормозаготовительного, зерноперерабатывающего и другого оборудования [9].

Комбайном Дон 680М выполняются работы по скашиванию, измельчению, погрузке в транспортные машины измельченной массы силосных культур: кукурузы в фазе восковой спелости зерна, многолетних и однолетних трав и смесей, сорго, подсолнечника и других культур (рис. 51, 52). Для выполнения указанных работ комбайн оснащается сменными модулями: жаткой роторной, жаткой травяной, а также модулем подбора подвяленной травяной массы из валков на полях с уклоном до 90° во всех почвенно-климатических зонах.



Рис. 51

Фото самоходного комбайна Дон 680М:

a — с жаткой роторной; *б* — с подборщиком.

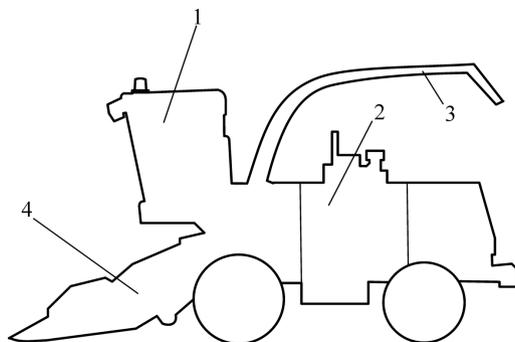


Рис. 52

Самоходный кормоуборочный комбайн Дон 680М:

1 — кабина; 2 — отсек двигателя; 3 — силосопровод; 4 — жатка.

На рисунок 53 схематично показано размещение основных агрегатов с левой стороны машины. Роторная жатка 1 (ширина захвата 4 м) конструктивно соединена с питающим аппаратом 2 и измельчающим аппаратом 3. Кабина машины установлена над этими аппаратами. В силосопроводе 5 установлен ускоритель 4 для перемещения переработанной, измельченной массы. Двигатель 6 размещен на раме остова 7 в центральной части машины. Окружностями различного диаметра на рисунке 53 показаны шкивы и звездочки на валах агрегатов (без приводных ремней и цепей).

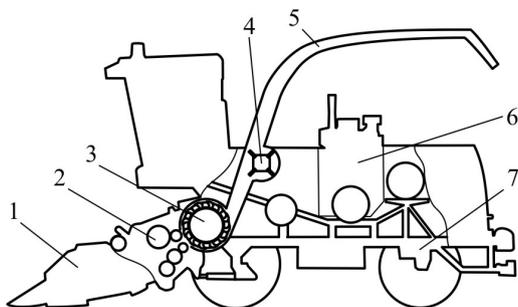


Рис. 53

Схема размещения основных агрегатов комбайна Дон 680М при виде с левой стороны:
 1 — роторная жатка; 2 — питающий аппарат; 3 — ротор измельчителя; 4 — ускоритель; 5 — си-
 лосопровод; 6 — двигатель; 7 — осто́в.

Приведение в действие передаточных механизмов и исполнительных ор-
 ганов комбайна осуществляется двигателем комбайна (ЯМЗ-238-ДК-1 с турбо-
 наддувом), гидромоторами и гидроцилиндрами гидравлической системы.
 Структурная схема передачи механической и гидравлической энергии, приво-
 дящей в действие исполнительные и рабочие органы агрегатов комбайна, при-
 водится на рисунке 54.



Рис. 54

Структурная схема передачи механической и гидравлической энергии
 на исполнительные органы комбайна Дон 680М

Рабочие органы сменных модулей-адаптеров комбайна Дон 680М приво-
 дятся в движение непосредственно от двигателя через ременные, цепные и зуб-
 чатые передачи, а также тремя независимыми гидравлическими системами.

Так, в роторной жатке рабочими органами, срезающими и подающими
 стебли в питатель измельчителя, являются ножи двух режущих аппаратов и два
 барабана, вращающиеся навстречу друг другу. Эти рабочие органы закреплены
 на выходных валах угловых редукторов блока барабанов, установленного на
 двух балках навески и опирающегося на раму жатки. На рисунке 55 приведена
 кинематическая схема углового редуктора левого по ходу движения барабана и
 режущего аппарата. Вращающий момент от двигателя передается на правый
 угловой редуктор через ременные, цепные передачи, карданный вал и цилинд-
 рическую зубчатую передачу. Полностью кинематическая схема роторной жат-
 ки приводится в руководстве по эксплуатации.

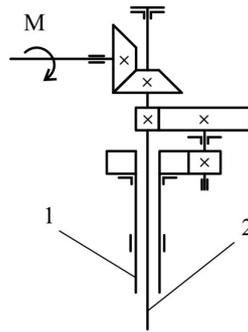


Рис. 55

Кинематическая схема углового редуктора (левая сторона роторной жатки):
 1 — вал барабана; 2 — вал режущего ротора.

Срез стеблей кукурузы (или других высокостебельных культур) производится вращающимися ножами режущих аппаратов. Зубцами вращающихся навстречу друг другу барабанов стебли срезанной массы наклоняются в горизонтальное положение и подводятся к вальцам приемного окна питателя измельчителя. Измельченная масса по силосопроводу подается в транспортное средство, которое может находиться справа или слева, или на прицепе сзади (прицепная тележка).

Гидравлическая система комбайна Дон 680М состоит из трех независимых систем: основной, ходовой части и рулевого управления.

Основная система включает шестеренный насос, общий для трех систем бак, оборудование управления и регулирования, два гидромотора и гидроцилиндры (рис. 56). Гидроцилиндры основной системы осуществляют подъем и опускание сменного модуля-адаптера (жатки), включение измельчителя и питателя, подъем силосопровода. Термин «леникс» означает подвижный элемент цепной передачи, обеспечивающий необходимое для включения в работу механизмов натяжение передачи, в литературе встречаются и другие названия этого элемента: «ленивец», «натяжной ролик».

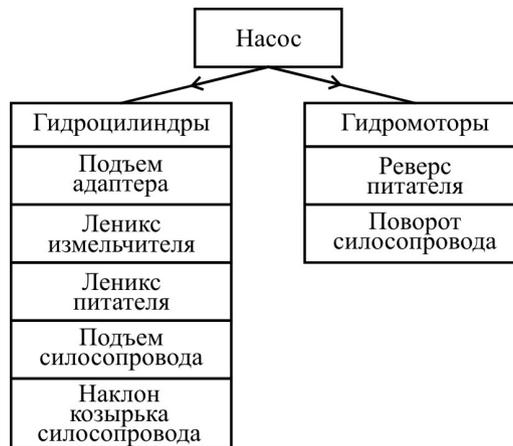


Рис. 56

Структура и состав гидравлической основной системы комбайна Дон 680М

Два гидромотора основной системы обеспечивают быстрый реверс питающего аппарата и поворот силосопровода.

Движение самоходного комбайна обеспечивается вращением ведущих колес ведущего моста комбайна. Конструктивно ведущий мост комбайна представляет собой балку 1, в середине которой установлена коробка диапазонов скоростей 2 (рис. 57). Аксиально-поршневой гидромотор 3 установлен на коробке диапазона скоростей ведущего моста. Коробка диапазона скоростей имеет один входной и два выходных вала (полуосей). Выходные валы (полуоси) 4 с левой и правой стороны соединены с бортовыми редукторами 5 ведущих колес. На выходные валы 6 бортовых редукторов закрепляются колеса. Балка ведущего моста кронштейнами 7 соединяется с рамой (остовом) комбайна.

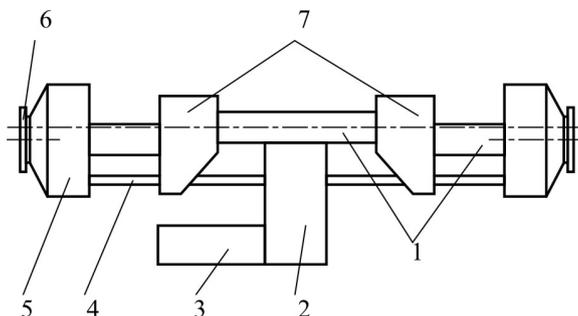


Рис. 57

Конструктивная схема ведущего моста комбайна Дон 680М:

1 — балка; 2 — коробка диапазона скоростей; 3 — гидромотор; 4 — полуоси; 5 — бортовой редуктор; 6 — выходной вал редуктора; 7 — кронштейны.

Гидравлическая система ходовой части комбайна состоит из аксиально-поршневого насоса, аксиально-поршневого мотора, оборудования управления и регулирования (рис. 58). Аксиально-поршневой насос системы (двигатель ЯМЗ 238) установлен на кронштейне рамы и приводится во вращение клиноременной передачей от шкива коленчатого вала двигателя.

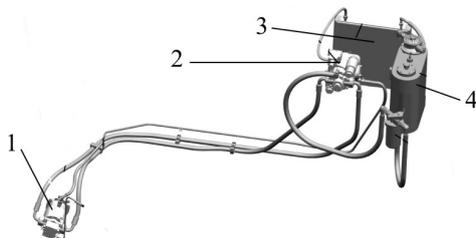


Рис. 58

Внешний вид гидравлической системы привода ведущих колес комбайна Дон 680М:

1 — аксиально-поршневой гидромотор; 2 — аксиально-поршневой насос; 3 — радиатор; 4 — бак.

Внешний вид гидравлической системы привода ведущих колес комбайна Дон 680М в сборе приводится для иллюстрации и сравнения реальных размеров

элементов системы; так, габаритные размеры гидромотора типа МП-90: длина 340–400 мм, диаметр в пределах 190–200 мм. Гидромоторы МП-90 развивают крутящий (вращающий) момент 450–470 Н·м, при частоте оборотов 2400–2500 оборотов в минуту.

Гидравлическая система рулевого управления приводит в действие механизм поворота управляемых колес (рис. 59).

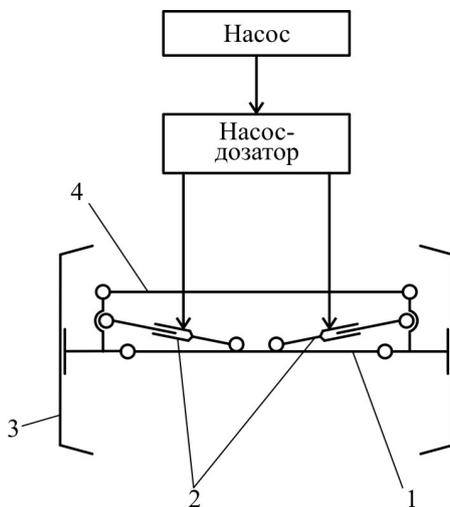


Рис. 59

Схема привода управляемых колес:

1 — балка моста; 2 — гидроцилиндры; 3 — диск колеса; 4 — рулевая тяга.

На рисунке 59 показана кинематическая схема поворота колес. В замкнутой гидравлической системе, находящейся под давлением жидкости, создаваемым шестеренным насосом, главную роль играет насос-дозатор. Насос-дозатор жестко соединен с рулевым колесом комбайна, при повороте рулевого колеса жидкость поступает в одну из полостей двухсторонних цилиндров, а из другой (холостой) полости жидкость перетекает в емкость, бак гидравлической системы.

Комплекс кормоуборочный высокопроизводительный КВК 8060 «Палессе FS 8060»

Одним из мощных комбайнов является комплекс кормоуборочный высокопроизводительный КВК 8060 «Палессе FS 8060», оснащаемый модулями-адаптерами: жаткой для высокостебельных культур, жаткой для трав и подборщиком. Машина выпускается холдингом «Гомсельмаш» — современным многопрофильным производителем зерноуборочных, кормоуборочных, кукурузоуборочных и картофелеуборочных комбайнов, косилок и другой сельскохозяйственной техники под брендом «ПАЛЕССЕ». Управляющая компания холдинга находится в г. Гомель Республики Беларусь [12].

Этот типичный представитель универсальных энергетических средств семейства «Палессе» создан по традиционной для колесных тракторов компоновочной

схеме — полурамное шасси с ведущими колесами большого диаметра и управляемыми колесами малого диаметра (в неполноприводном варианте). На шасси размещаются силовая установка и кабина с реверсивным постом управления.

Для сравнения в таблице 15 приведены некоторые технические характеристики комбайна Дон 680М и КВК 8060.

Таблица 15

Некоторые технические характеристики кормоуборочных комбайнов

Характеристики	Дон 680М	КВК 8060
База, м	2,88	3,1
Колея, м	2,60–2,63	2,66–2,86
Масса, конструкционная, кг	9 400 (без адаптеров)	15 150
Мощность двигателя, кВт	220	480
Пропускная способность кукурузы на силос, кг/с	30	60
Пропускная способность кукурузы на уборке трав, кг/с	15	30

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. Эта машина, также как и комбайн Дон 680М, является самоходным измельчителем с навешенным адаптером — жаткой (ротаторной или травяной) или подборщиком (платформой-подборщиком).

В состав комплекса входят: измельчитель самоходный полноприводной или неполноприводной; жатка для высокостебельных культур шириной захвата 6 м; жатка для трав шириной захвата 6 м; подборщик шириной захвата 3–3,8 м. Комплекс также оснащен оборудованием для внесения консервантов. Компонировка, размещение основных агрегатов и частей комплекса КВК 8060 «Палессе FS 8060» аналогична комбайну Дон 680М (рис. 60).

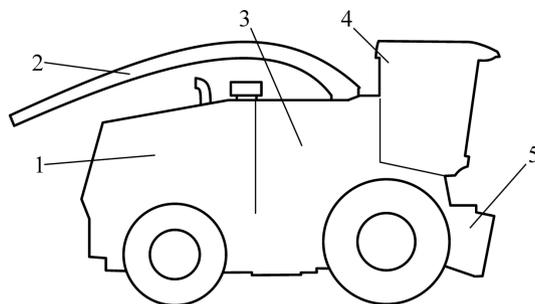


Рис. 60

Схема размещения основных агрегатов кормоуборочного комплекса КВК 8060:

1 — отсек двигателя; 2 — силосопровод; 3 — отсек измельчителя; 4 — кабина; 5 — отсек механизмов питателя.

Высокие, почти в 2 раза, показатели пропускной способности (производительности) по уборке и приготовлению измельченного продукта обусловлены большей шириной захвата адаптеров и, очевидно, большими размерами рабочих узлов питателя и измельчителя. Существенны также отличия, требующие

дополнительной энергии: возможность повышения проходимости машины за счет установки ведущего моста управляемых колес, наличие дополнительного оборудования в гидравлических и пневматических системах, оборудования внесения в измельченную массу специальных веществ-консервантов.

Комплекс КВК 8060 имеет развитые систему электрооборудования, пневмосистему, системы защиты питающе-измельчающего аппарата, гидравлические системы: систему привода ведущих колес, систему рулевого управления и силовых гидроцилиндров, систему привода питателя и адаптеров, систему привода стояночного тормоза.

Шасси комплекса — рама, мост управляемых колес или управляемых ведущих колес, мост ведущих колес. На раме поперечно установлен двигатель (ОМ 502 LA фирмы Мерседес-Бенц, с электронным управлением, турбонаддувом), кабина с площадкой управления установлена над ведущим мостом, агрегатами и передаточными механизмами измельчителя и питателя. В отличие от силовой установки комбайна Дон 680М, мощный двигатель комплекса обслуживает блок радиаторов и вентилятор с пластиковыми лопастями со специальным коническим редуктором.

Управляемые ведущие колеса закрепляются на фланце 1 выходного вала (полуоси) гидромоторов 2, соединенных с корпусом поворотных механизмов 7. Конструктивно оба поворотных механизма 7 соединены с балкой моста 4 и рулевыми тягами 6 (рис. 61). Поворот управляемых колес осуществляется действием двухштокового гидроцилиндра 5 на рулевые тяги и поворотные кулаки. Важной особенностью является наличие датчика поворота колес, установленного на поворотных кулаках.

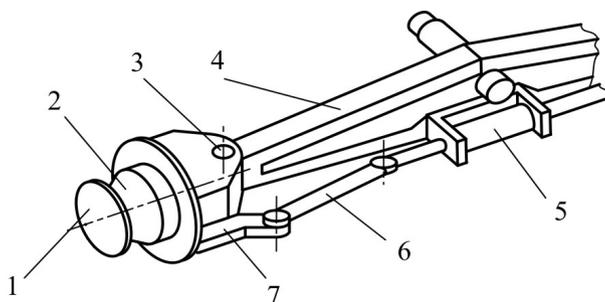


Рис. 61

Схематичное представление моста управляемых ведущих колес комплекса КВК-8060: 1 — выходной вал гидромотора; 2 — гидромотор; 3 — датчик угла поворота; 4 — балка моста; 5 — гидроцилиндр; 6 — рулевая тяга; 7 — поворотный кулак.

Балка моста — сварная конструкция, опирающаяся на раму посредством трубчатой оси — на рисунке показана в середине балки.

На неполноприводной машине конструкция моста управляемых колес также соединяется с рамой через трубчатую ось, механизм поворота колес аналогичен механизму комбайна Дон 680М.

По составу основных частей устройство моста ведущих колес подобно устройству моста комбайна Дон 680М. Вращение ведущих колес осуществляется от гидромотора через коробку передач (коробку диапазонов скоростей у

комбайна Дон 680М), полуоси и бортовые редукторы. По требованиям, предъявляемым к транспортным средствам массой до 20 000 кг, комплекс КВК 8060 оснащен усиленными бортовыми редукторами, системами рабочего и стояночно-аварийного торможения.

Рабочее торможение при необходимости осуществляется гидравлическими дисковыми тормозами, установленными на корпусе коробки передач. Диски стояночно-аварийного торможения установлены на бортовых редукторах, в качестве тормозного устройства применяются плавающие скобы со специальным энергоаккумулятором. Тормозные устройства рабочего и стояночно-аварийного торможения приводятся в действие гидравлической системой управления тормозами.

Гидравлическая система привода ходовой части комплекса КВК 8060 значительно отличается по своему составу и функциям от системы комбайна Дон 680, однако основой, по-прежнему, является объемная гидростатическая трансмиссия (ГСТ). Собственно гидравлическая система привода имеет один аксиально-поршневой насос, бак, левый и правый аксиально-поршневые гидромоторы ведущих колес, аксиально-поршневой гидромотор привода управляемых ведущих колес (полноприводный комплекс), гидроцилиндры переключения передач и нейтрального положения ГСТ.

Управление и регулирование работой системы производится с помощью гидроблоков управления переключением передач, подключения управляемого моста, доворота вала мотора ГСТ и другими приборами, устройствами, сопряженными с электрическими и пневматическими системами. Изменение скорости движения комплекса осуществляется изменением производительности гидронасоса и гидромотора путем выполнения определенных манипуляций с рукояткой ГСТ, размещенной на панели управления, и включением или отключением переключателя передач также на панели управления.

Гидравлическая система рабочих органов и рулевого управления предназначена для управления гидроцилиндрами и гидромоторами, воздействующими на исполнительные механизмы (рис. 62). При сравнении структуры гидравлической системы рабочих органов и рулевого управления комплекса КВК 8060 и основной системы комбайна Дон 680М необходимо отметить, что комплекс оснащен современными устройствами и оборудованием, значительно повышающими производительность и качество выполнения рабочих функций.

Так, если поворот управляемых колес комплекса осуществляется двухштоковым гидроцилиндром, соединенным с насосом-дозатором, то рабочие действия гидроцилиндров и гидромоторов других исполнительных органов осуществляются электроуправляемыми пятисекционным гидрораспределителем и гидроблоком навески.

Гидравлическая система комплекса КВК 8060 обеспечивает перемещение механизма навески при ремонте и обслуживании сменных модулей-адаптеров. Однако наиболее важной функцией гидросистемы рабочих органов комплекса является возможность копирования рельефа поля при выполнении технологических операций. Качественное, плавное копирование рельефа гидравлической системой при движении комплекса достигается включением в систему специ-

альных устройств — пневмогидроаккумуляторов. Такое же устройство включено в привод подъема (опускания) силосопровода.

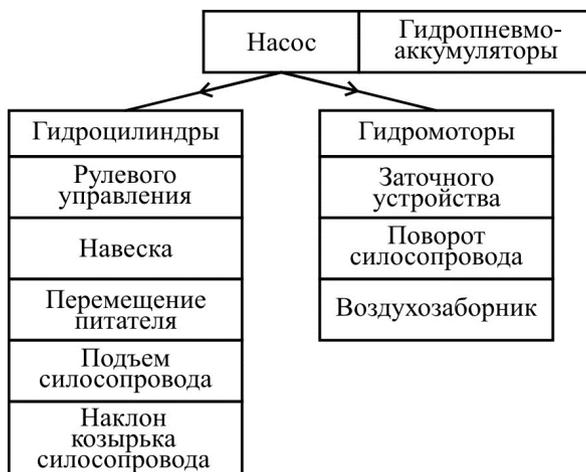


Рис. 62

Структура и состав гидравлической системы рабочих органов и рулевого управления комплекса КВК 8060

Привод питающего аппарата и адаптеров — гидравлический. Рабочее давление в гидравлической системе привода питателя и адаптеров развивается аксиально-поршневыми гидронасосами адаптеров, питателя и стояночного тормоза. Механизмы адаптеров и питателя приводятся в движение аксиально-поршневыми моторами через гидроблок адаптеров. Гидросистема привода питателя обладает оборудованием защиты от попадания в вальцы питающего аппарата камней и металлических предметов. При обнаружении посторонних предметов специальные датчики подают сигнал на электронный блок управления, который включает аксиально-плунжерный насос экстренного останова вальцев питателя.

Гидросистема комплекса обеспечивает регулирование длины резки и подачи адаптера из кабины посредством бортового компьютера, в отличие от комбайна Дон 680М, где изменение длины резки при необходимости осуществляется путем перестановки карданного вала на другой входной вал цилиндрического редуктора роторной жатки. На жатке комплекса, в зависимости от электрического сигнала, поступающего с электронного блока управления, изменяется производительность аксиально-плунжерного насоса и, следовательно, изменяются обороты вала привода вальцев питателя и адаптеров.

Особенностью гидравлической системы управления тормозами комплекса КВК 8060 является световая индикация торможения машины, аналогичная индикации на автомобильных транспортных средствах. Подробная информация по рабочей и стояночно-аварийной системам торможения комплекса приводится в руководствах и инструкциях.

Пневмосистема комплекса КВК 8060 предназначена для поддержания рабочего давления в пневматических колесах, включения межколесной блоки-

ровки дифференциала главной передачи ведущего моста, продувки радиаторов, очистки воздушных фильтров, очистки от пыли, грязи и остатков технологического продукта агрегатов комплекса. Давление воздуха в пневмосистеме в пределах 0,71–0,87 МПа создается компрессором, непосредственно связанным ременной передачей с двигателем комплекса.

Для поддержания постоянства давления воздуха в пневмосистеме установлены несколько ресиверов. Ресивер — это устройство, которое применяется в любой пневмосистеме для накопления и хранения энергии сжатого воздуха. Данное устройство служит для гашения пульсаций давления воздуха, неизбежно возникающих при тактах всасывания и нагнетания воздуха компрессором. Обычно ресивер выполняется в виде сосуда цилиндрической формы со сферическими днищами. Скорость течения воздушного потока в ресивере низкая, поэтому в ресивере частицы смазки, воды и другие загрязнения выпадают в осадок, который впоследствии удаляется через специальный сливной кран.

Кабина кормоуборочного комплекса КВК 8060 повышенной комфортности оборудована устройствами создания микроклимата — климатической установкой с отопителем. Органы управления работой комплекса, агрегатов, адаптеров расположены в кабине в соответствии с требованиями эргономики (рис. 63). Перед сидением оператора 4 установлена рулевая колонка 5, с правой стороны оператора размещены монитор 1, панель управления 2, рукоятка управления движением комплекса 3.

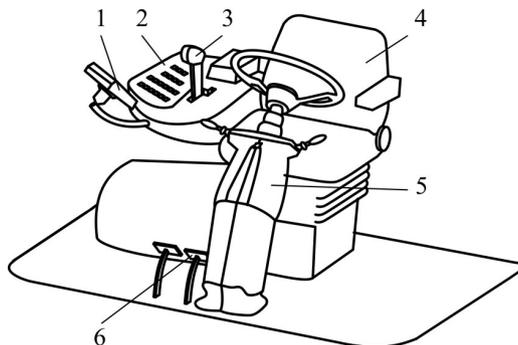


Рис. 63

Органы управления в кабине комплекса КВК 8060:

1 — монитор; 2 — пульт управления; 3 — рукоятка управления; 4 — сидение оператора; 5 — рулевая колонка; 6 — педали тормоза.

На пульте управления 2 размещены 26 двух-, трехпозиционных переключателя, включающих/выключающих исполнительные механизмы комплекса. На рукоятке управления движением комплекса расположены кнопка экстренного останова, кнопка управления силосопроводом, переключатель управления подъемом/опусканием навески, кнопка управления автоконтуром вождения, кнопка звукового сигнала. Для удобства оператора пульт управления и рукоятка регулируются по углу наклона.

Сидение оператора можно регулировать по высоте, углу наклона спинки, перемещать в продольном направлении.

Комбайн зерноуборочный самоходный КЗС-1624-1 «Палессе GS16»

Одним из энергонасыщенных средств, предваряющих переход к универсальным энергетическим средствам, является комбайн зерноуборочный самоходный КЗС-1624-1 «Палессе GS16» [12].

Комбайн обеспечивает прямую и раздельную уборку зерновых колосовых культур, подсолнечника, кукурузы на зерно, зернобобовых и крупяных культур, семенников трав, сои и рапса на равнинных полях с уклоном до 8°. Рабочие машины и механизмы комбайна производят срез убираемой культуры, обмолот, сепарацию и очистку зерна, накопление зерна в зерновом бункере с последующей выгрузкой в транспортное средство. Также комбайн осуществляет укладку соломы в валок, измельчение и разбрасывание соломы по полю (рис. 64).

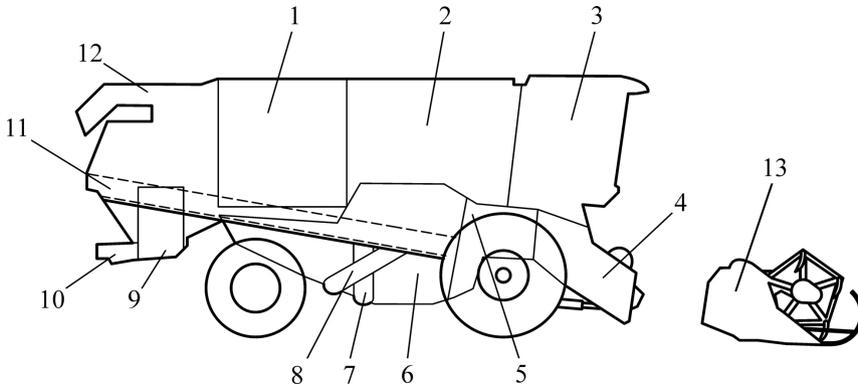


Рис. 64

Схематичная компоновка составных частей комбайна «Палессе КЗК-16-1 GS16» (правая сторона)

Комбайн, в основной своей комплектации, можно рассматривать как самоходную молотилку с жаткой. На рисунке 64 показаны основные части комбайна: 1 — двигатель, 2 — зерновой бункер, 3 — кабина оператора-комбайнера, 4 — наклонная камера, 5 — молотильный аппарат, 6 — очистка, 7 — элеватор зерновой, 8 — элеватор колосовой, 9 — соломоизмельчитель, 10 — дефлектор, 11 — лонжерон рамы, 12 — шнек выгрузной, 13 — жатка.

Описание работы зерноуборочных комбайнов подробно приводится в учебниках и учебных пособиях, руководствах по эксплуатации машин.

Автономный источник энергии 1 (рис. 64) данного комбайна — 8-цилиндровый дизельный двигатель фирмы Мерседес-Бенц OM 502 LA с непосредственным впрыском и с водяным охлаждением. Двигатель оборудован индивидуальными топливными насосами высокого давления, турбокомпрессором, системой охлаждения надувочного воздуха, полноэлектронной системой регулирования количества впрыскиваемого топлива. Мощность двигателя 390 кВт. На комбайнах других модификаций могут устанавливаться отечественные двигатели ЯМЗ 238Д разной мощности (в пределах 170–290 кВт) или других зарубежных производителей.

Характерная особенность и главная тенденция развития конструкций универсальных энергетических устройств (УЭС) — активное применение гидроприводов. Именно технические возможности электрического и электронного оборудования управления и регулирования элементов гидравлических систем совместно с аппаратами пневмосистем обеспечивают качественное и эффективное выполнение технологических операций. Последние модели УЭС оснащаются силовыми установками, около 30% энергетической мощности которых направляется на гидравлические приводы исполнительных органов рабочих машин и механизмов. Такое распределение энергетической мощности силовых установок УЭС позволяет увеличивать тяговое усилие колесной машины (по оценкам, до 50 кН), что значительно расширяет технические возможности машин.

Аксиально-поршневые, шестеренные насосы и гидромоторы, также как и на комплексе КВК 8060, являются источниками и потребителями гидравлической энергии в системах привода ходовой части рулевого управления и силовых гидроцилиндров, привода радиатора системы охлаждения двигателя и гидросистемы привода ходовой части, привода тормозов. Гидравлические системы привода мотовила жатки, контроля пространственного положения и перемещения жатки и других адаптеров существенно повышают качество уборки урожая сельскохозяйственных культур.

Рассмотренные выше принципиальные конструктивные особенности мобильных и универсальных энергетических средств, направленных на существенное повышение производительности труда и качества сельскохозяйственной продукции, особенно ярко выделяются на УЭС производства компании Claas семейства Xerion и фирмы «Holmer».

Конструкция УЭС Xerion 5000 (рис. 65) в настоящее время может быть принята в виде наиболее завершеного универсального энергетического средства для сельскохозяйственного производства. УЭС Xerion 5000 базируется на шасси цельнорамной конструкции с силовой установкой, передней и задней навесными системами. Новые технические решения, обеспечивающее качественное поступление надувочного воздуха через решетку капота, обеспечивают выполнение требований по нормам токсичности выхлопных газов, снижают расход топлива и повышают экономическую эффективность УЭС при одновременном повышении мощности силовой установки более 300 кВт.

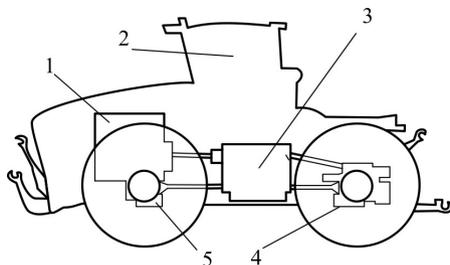


Рис. 65

Компоновка основных частей УЭС Xerion 5000:

1 — двигатель; 2 — кабина; 3 — отсек размещения коробки переключения передач, топливного бака; 4 — мост ведущих колес; 5 — передний мост.

Грузоподъемность передней навесной системы составляет 2 т, грузоподъемность задней навесной системы до 12 т при собственной массе шасси — 10,2 т. Развиваемое тяговое усилие — до 50 кН. Колеса шасси УЭС одинакового диаметра, установлены на двух управляемых, поворотных мостах, что обеспечивает высокую маневренность энергетического средства и возможность проведения технологических операций с широким спектром сменных модулей-адаптеров.

Конструктивно кабина УЭС Xerion 5000 может иметь башенное подъемное и поворотное устройство, что обеспечивает быстрое изменение положения кабины со всем управляющим оборудованием из центрального в другое положение, например так, как показано на рисунке 66. При расположении кабины над осью шасси на УЭС могут быть установлены сменные технологические модули-адаптеры (кузов или цистерна). Продолжительность монтажа/демонтажа последних на шасси, трудоемкость и уровень их механизации являются особо актуальными и значимыми для эффективного функционирования УЭС и могут осуществляться с приводом от его гидравлической системы или с применением дополнительных автономных подъемных или погрузочных устройств.

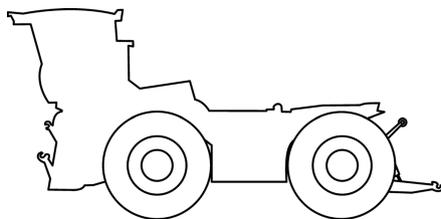


Рис. 66

Схематический внешний вид УЭС Xerion 4000
с передним расположением кабины

УЭС Terra Variant предназначено для выполнения разных операций, преимущественно при перевозке свеклы или зерна, внесении в почву жидких и твердых органических или минеральных удобрений, при посеве и/или обработке почвы. Основу УЭС Terra Variant также представляет шасси цельнорамной конструкции с полным приводом четырех колес одинакового диаметра. Конструкция машины позволяет в короткое оперативное время осуществлять замену модулей-адаптеров, которые имеют специальные стояночные опоры. Средняя продолжительность замены модулей-адаптеров составляет 0,5–11 ч.

3.2. Бортовая информационно-управляющая система (БИУС)

Важнейшим направлением развития сельскохозяйственных машин, в первую очередь, мобильных энергетических средств (МЭС) и универсальных энергетических средств (УЭС), является активное использование современных информационных систем. Внедрение информационно-управляющих систем, электрического и электронного оборудования на основе элементного и программного обеспечения передовых концептуальных решений в области автоматизации и телеметрии оказали и оказывают существенное влияние на расширение эксплуатационных возможностей сельскохозяйственных машин.

Ниже рассмотрена бортовая информационно-управляющая система (БИУС) современных МЭС и УЭС различных типов «Палессе» [12].

Бортовая информационно-управляющая система (БИУС, рис. 67) служит для:

- управления работой основных рабочих машин, исполнительных механизмов комбайна;
- контроля качества выполнения технологических операций;
- оповещения оператора о техническом состоянии и работоспособности всего комбайна с целью принятия необходимых решений и введения управляющих сигналов.

В составе БИУС бортовой компьютер (в комбайне КЗС 1218 — Вулкан-04): микропроцессор, устройство ввода/вывода информации, блок периферийный, объединенные в единую сеть исполнительных устройств и датчиков по стандарту CAN (Controller Area Network — сеть контроллеров).

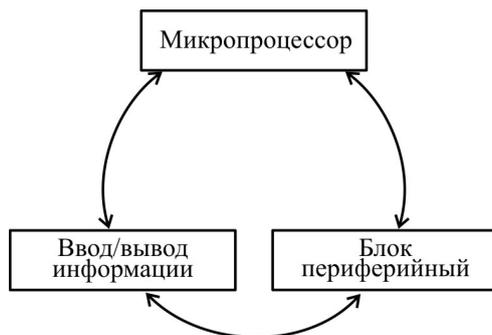


Рис. 67

Структура бортовой информационно-управляющей системы (БИУС)

Бортовая информационно-управляющая система (БИУС) потребляет электрический ток 0,7 А постоянного напряжения 18,8–32 В. Управление и контроль параметров работы механизмов и машин комбайна осуществляется по 45 каналам. Так, измеряется и контролируется частота вращения таких механизмов как молотильный барабан, вентилятор очистки, колосовой и зерновой шнеки, барабан измельчителя, вал соломотряса.

На экране БИУС (жидкокристаллический) могут отображаться: уровень топлива в баке; температура масла в гидросистеме ходовой части; температура охлаждающей жидкости в двигателе; давление масла в гидросистеме силовых цилиндров; давление масла в двигателе; напряжение бортовой сети; зазор подбарабья на выходе; положение верхнего решета; положение нижнего решета.

Дополнительно на экране может отражаться информация о параметрах, характеризующих рабочее состояние двигателя, гидравлических систем, рабочих машин и механизмов комбайна. Микропроцессор информирует оператора (комбайнера) о рабочем состоянии важных узлов и устройств комбайна, качестве обработки и количестве производимого продукта. Наступление предаварийных и/или аварийных состояний в работе машин и механизмов предупреждается звуковыми и/или световыми сигналами, отображаемыми на экране.

Датчики различных типов и физических принципов работы периферийного блока БИУС совместно с микропроцессором и другими элементами системы позволяют оператору осуществлять настройку и регулировку рабочих процессов, выполняемых машинами и механизмами комбайна. Так, устанавливаются приемлемые частоты вращения коленчатого вала двигателя, молотильного барабана, вентилятора очистки зерна, а также допустимый уровень потерь зерна.

При настройке БИУС оператор вводит необходимые числовые и символьные данные, например: ширину захвата жатки, диаметр колеса, вид убираемой культуры, способ вывода информации об уровне потерь зерна, уровень чувствительности датчиков и т. п. Оператором устанавливаются рекомендуемые диапазоны изменения параметров работы исполнительных механизмов машин, которые поддерживаются БИУС в автоматическом режиме.

Особую важность имеют настройки БИУС по учету времени работы машин и механизмов комбайна с целью звукового и светового оповещения оператора об их наработке и необходимости проведения технического обслуживания. Не менее важна и статистическая информация о времени работы комбайна, двигателя, убранной площади, пройденному пути, текущей производительности.

Новые серийно выпускаемые промышленностью многофункциональные и универсальные энергетические средства (МЭС и УЭС) комплектуются современными бортовыми информационно-управляющими системами (БИУС), которые постоянно совершенствуются. Машины, производимые компанией Claas, оснащаются собственной разработкой — информационно-управляющей системой SEBIS.

Электронная система SEBIS предназначена для информирования, регистрации, управления и контроля. Она отличается понятной и логичной структурой меню. Информация о текущих процессах и рабочем состоянии механизмов выводится на экран, наступление предельных, вне режимных состояний автоматически сообщается оператору звуковыми и световыми сигналами с соответствующим текстом. Положение цветного монитора SEBIS (с диагональю 8,4 дюйма) устанавливается в соответствии с пожеланиями оператора.

Базовые настройки машины выполняются с помощью специального поворотного переключателя и дополнительной кнопки быстрого доступа. Оператор получает информацию о скорости движения, оборотах и температуре двигателя, уровне топлива, температуры воздуха, состоянии навески и гидравлических систем.

Система управления трактора XERION снабжена многофункциональным джойстиком SMOTION, в котором кнопки управления удобно расположены под естественные физиологические движения пальцев руки и запястья. Подлокотник сидения оператора выполнен в соответствии с новой концепцией и обеспечивает легкое управление всеми часто используемыми функциями, в частности: скоростью движения, управление действиями на краю поля, передними и задними навесками, гидравлическими системами.

Специальная программа управления алгоритмами действий на краю поля CSM (Claas Sequence Management) способствует оператору при маневрах машины с разворотом. Программа обеспечивает повторение всех записанных дей-

ствий (до четырех последовательностей на орудие) или изменения и оптимизации последовательностей. Возможно выполнение в произвольном порядке действий устройств, управляемых по времени или по объему, включение/выключение полного привода и блокировки дифференциала, гидравлических систем, заднего вала отбора мощности, круиз-контроля.

3.3. Специальные технологии земледелия

Активное использование человеком естественных природных процессов для производства продуктов питания начинается с земледелия, с осознанного стремления получения урожая сельскохозяйственных культур, выращиваемых на обработанных участках земли. С древних времен по настоящее время успешность занятий земледелием, а именно — выращивание растений для производства продуктов питания человека и животных, технических культур, достижения других целей зависит от множества условий и факторов, обеспечивающих благоприятную жизнь растений.

Естественные природно-климатические условия и факторы, способствующие поддержанию и развитию жизни растений, проявляются и наблюдаются на всех континентах нашей планеты разнообразными царствами растений. Совершенно очевидно, что выращивание человеком растений — сельскохозяйственных культур — для удовлетворения собственных потребностей значительно расширяет и конкретизирует условия и факторы обеспечения жизни растений, возникают и совершенствуются специальные требования к оптимальной среде обитания и развития сельскохозяйственных культур.

Энергия солнца определяет природно-климатические условия, при которых произрастают те или иные растения. Фундаментальным основанием, на котором произрастают растения, в частности, культурные растения, выращиваемые человеком на суше, является тонкий поверхностный плодородный слой земли, называемый почвой. Естественное формирование этого плодородного слоя земли — почвы — полностью зависит от природно-климатических условий. Именно природно-климатическими условиями, в решающей степени, диктуются земледельческие технологии выращивания сельскохозяйственных культурных растений, направленные на получение высоких стабильных урожаев.

Важнейшей составляющей природно-климатических условий, обеспечивающей жизнь не только растений, но и всего органического мира, является вода. Вода присутствует в любом органическом веществе, служит естественной средой протекания сложных биохимических процессов, трансформации и преобразования питательных веществ. Развитие растений происходит путем образования сложных органических соединений с минеральными веществами, содержащими различные химические элементы. Известно, что сухое вещество растений в среднем состоит из 45% углерода, 42% кислорода, 7% водорода, 6% азота и других элементов. Необходимо отметить, что в растениях обнаруживаются все известные химические элементы, большинство которых участвуют в процессах роста и развития растений.

За все время занятий производством сельскохозяйственной продукции человек постоянно и непрерывно использует земледельческие технологии, вызывавшие, определявшие и/или соответствовавшие достижениям научно-технического и социально-экономического прогресса. В начальный период становления сельскохозяйственного производства были успешно разработаны, освоены и применены различные земледельческие технологии на основе подсечно-огневой, лесопольной, залежной систем земледелия.

Новые знания о природе, окружающей среде, новые технологии и материалы, новые механизмы и машины, созданные на базе исчерпывающих свой первоначальный потенциал систем земледелия, обусловили переход на последующие паровую и плодосменную, зернопропашную, травопольную, зерно-травопропашную системы. В недрах, в глубине перечисленных систем земледелия, при развитии социально-экономических отношений, возникают предпосылки перехода на новые более эффективные системы земледелия.

Современные информационные технологии, представляющие собой технические средства и методы сбора, обработки и передачи больших массивов информации о состоянии наблюдаемых объектов, процессов позволяют оперативно производить анализ любой ситуации и принимать управленческие решения по выполнению какого-либо действия в режиме реального времени.

Исключительно широкие возможности информационных технологий становятся платформами для разработки и внедрения в повседневную производственную практику новых земледельческих технологий **на основе адаптивно-ландшафтных систем земледелия**.

Созданные во второй половине прошлого века теоретические основы, машины и приборы, другие аппаратные и технические средства географических информационных систем обеспечивают получение и обработку информации о фактическом состоянии природной среды на больших территориальных пространствах земной поверхности. Эти системы обладают способностью получать и пользоваться разнообразной географической, экологической и другой информацией о состоянии объектов природной среды практически на любом масштабном уровне (глобальном, региональном, муниципальном) с высоким разрешением, измеряемым десятками миллиметров.

Главным преимуществом географических информационных систем является возможность построения пространственных (трехмерных) цифровых моделей, с высокой точностью отражающих реальные поверхности — рельефы отдельных участков или огромных территорий в трех измерениях. В созданных цифровых моделях, соответствующих реальным рельефам земли, могут быть выделены отдельные важные показатели и параметры, необходимые, например, для производства основной обработки почвы: крутизна склонов, направления поверхностных стоков, атмосферное давление, температура воздуха, осадки, концентрация загрязняющих веществ и т. п.

Необходимо отметить, что российские ученые были в числе первых разработчиков цифровых моделей рельефа местности еще в середине прошлого века. Впоследствии географические информационные системы, новые методы

и алгоритмы построения цифровых моделей рельефа стремительно развивались для решения множества научных и прикладных задач.

Известно, что цифровые модели рельефа местности строятся по различным технологиям автоматизированной обработки аэрокосмических снимков, топографических карт и некоторым другим способам и методам, например путем непосредственного ввода данных с измерительных систем. Построение моделей рельефа базируется на развитом математическом аппарате, постоянно совершенствующихся методах и алгоритмах интерполяции, компьютерных средств.

Исходными источниками информации, по которым осуществляется построение цифровой модели рельефа, являются топографические карты, данные дистанционного зондирования и полевые инструментальные съемки.

Цифровые модели рельефа местности обеспечивают разработку оптимальных приемов и технологий основной обработки почвы с созданием необходимых для физиологически нормального роста и развития посевов физических и биологических условий в пахотном слое почвы. Создаются реальные возможности учета региональных почвенно-климатических условий с целью повышения плодородия, водопропускности, пористости, биологической активности и других свойств почвы. При современных технологиях адаптивно-ландшафтной системы земледелия могут эффективно осуществляться приемы и методы дифференцированного применения удобрений, очищения полей от сорняков, вредителей и возбудителей болезней, оптимизация строительства и эксплуатации почвозащитных сооружений, предотвращающих ветровую и водную эрозии почв.

В настоящее время построение цифровых моделей осуществляется преимущественно по данным **дистанционного зондирования рельефа местности**, так как стремительно повышаются разрешающие возможности сканирования рельефа аэрокосмическими средствами, а также широко распространяются доступные для обработки на персональных компьютерах методы построения трехмерных изображений объектов (фотограмметрии). Для построения цифровых моделей рельефа местности, необходимых при современной адаптивно-ландшафтной системе земледелия, используются спутниковые системы, обеспечивающие определение параметров пространственного состояния объектов.

Применение систем глобального спутникового позиционирования различных объектов, выполняющих производственные или иные функции на земной поверхности, становится обыденным и привычным для населения нашей планеты [1, 23, 27]. Такие системы используются для исследования процессов изменения поверхности и атмосферы планеты, воздушной, морской и сухопутной навигации, распространения и поддержки единой высокоточной шкалы времени, обеспечения добычи полезных ископаемых, кадастровых и землеустроительных работ, развития новых сельскохозяйственных технологий, применения в быту и многого другого (рис. 68).

Сегодня применяются две спутниковые системы позиционирования: российская ГЛОНАСС и американская GPS. Эти спутниковые системы состоят из трех крупных подсистем (сегментов или секторов): подсистема (сегмент или

сектор) наземного контроля и управления, космической подсистемы (сегмента или сектора) и подсистемы (сегмента или сектора) пользователей. Наземные подсистемы контроля и управления имеют главные центры, сеть станций слежения и контрольно-измерительных пунктов.

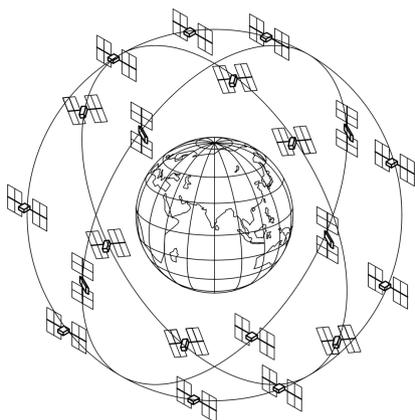


Рис. 68

Схематическое представление космической подсистемы системы глобального спутникового позиционирования объектов на земной поверхности

В главных центрах осуществляется сбор и обработка информации, формирование управляющих сигналов и обеспечение нормального и точного функционирования всей системы. Центр управления системой ГЛОНАСС находится в Московской области Российской Федерации, системой GPS — в штате Колорадо США.

Таким образом, географические информационные системы стали важной и неотъемлемой частью быстро развивающейся адаптивно-ландшафтной системы земледелия, в которой основным объектом технологии выступает ландшафт в целом, как природно-территориальный участок земной поверхности, обладающий собственными характеристиками и свойствами. Поэтому становится возможным разработать и применить конкретные технологии выращивания сельскохозяйственных культур на известной агроэкологической группе земель с максимально эффективным использованием их природно-ресурсного потенциала. Особую важность и практическую ценность имеют оперативные данные по влиянию выращиваемых сельскохозяйственных культур и мероприятий по их уходу и защите на окружающую среду, учету рыночных потребностей и т. д.

Стержнем технологии точного земледелия являются специальные программы для агроменеджмента на базе географических информационных систем (ГИС), позволяющие снимать, обрабатывать и накапливать информацию о местоположении техники и характеристиках сельскохозяйственных угодий. Для эффективного использования данного вида агротехнологий создается адаптированная к конкретным условиям хозяйства система поддержки принятия решений (СППР). Специализированное программное обеспечение обрабатывает поступающую от навигационных и различных контрольных и диагностических систем информацию, создает и заполняет технологические карты полей, пре-

доставляя пользователю необходимые экономические расчеты и справочную информацию.

В настоящее время, как было показано выше, УЭС оснащаются бортовыми компьютерами, приемниками спутниковых сигналов, различными датчиками и сенсорами, автоматическими устройствами по учету урожая и другим оборудованием. Бортовая информационно-управляющая система трактора, любого энергетического средства обеспечивает эффективное функционирование всех основных составляющих системы поддержки принятия решений (СППР) в агроменеджменте на основе достижений науки и техники.

Широкое использование в сельскохозяйственной отрасли современных географических информационных технологий обуславливается интенсивным развитием навигационных систем глобального спутникового позиционирования подвижных, мобильных объектов, оснащенных устройствами, генерирующими электромагнитные волны (радиоволны).

В основу физического метода определения местонахождения подвижного объекта, излучающего электромагнитные волны, положен метод пеленгации данного объекта, а именно, изучение уровня излучаемого электромагнитного сигнала, принимаемого вращающейся направленной антенной приемника. Очевидно, при некотором угле поворота направленной антенны приемника уровень сигнала от источника излучения будет наиболее высоким. Этот угол поворота антенны приемника указывает направление источника сигнала (угол пеленга). Для практического определения местонахождения подвижного объекта, излучающего радиосигнал, необходимо иметь минимум три направленные антенны, отдаленные друг от друга.

В современной системе (ГЛОНАСС, GPS, BEIDOU, GALILEO) спутниковое позиционирование мобильного объекта *1* осуществляется следующим образом (рис. 69). Каждый спутник системы, точные координаты которого в околоземном космическом пространстве известны и контролируются станциями слежения *3*, непрерывно испускает специально закодированные радиосигналы с метками времени. Эти радиосигналы принимаются антенной приемника мобильного объекта *1* для вычисления времени прохождения сигнала от спутника до объекта.

Для высокоточного определения позиции, занимаемой мобильным объектом на обрабатываемом участке, электронное оборудование объекта должно находиться в пределах «радиовидимости» не менее четырех спутников (*4, 5, 7, 8*) и базовой (опорной) станции *2*. Четвертый спутник и геостационарный спутник *6* (рис. 69) необходимы для коррекции времени в приемниках, в которых, в отличие от спутников, имеющих высокоточные атомные часы, используются менее точные кварцевые часы. Именно работой этих спутников, вырабатывающих корректирующие радиосигналы, значительно повышается точность позиционирования объекта (до сантиметров).

Важно отметить некоторые технические характеристики спутников глобального позиционирования и приемных устройств мобильных объектов. Спутники навигационных систем в зависимости от выполняемых ими функций имеют массу в сотни килограммов, масса большинства спутников не превыша-

ет 1500 кг, напряжение питания бортовой аппаратуры от солнечных батарей — в пределах 10–20 В, мощность радиопередатчиков, в среднем — 1,5 кВт.

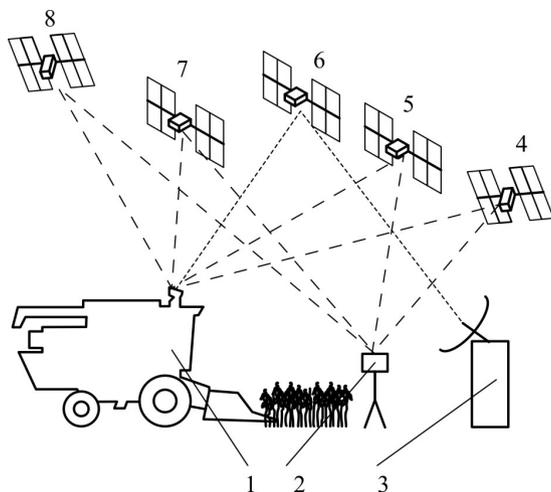


Рис. 69

Схематичное представление системы позиционирования:

1 — комбайн; 2 — базовая (опорная станция); 3 — станция слежения и управления; 4–8 — спутники.

Принципиальная структурная схема базовой (опорной) станции, обязательной при выполнении технологических операций точного земледелия, показана на рисунке 70.

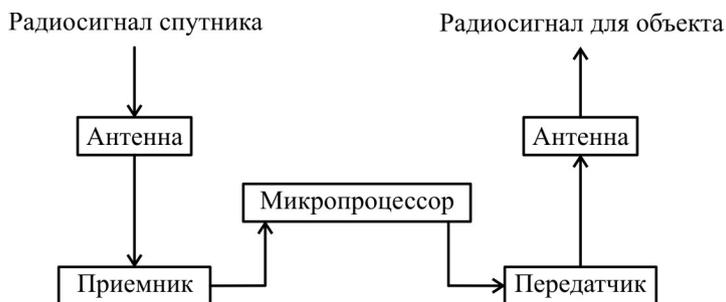


Рис. 70

Принципиальная структурная схема базовой (опорной) станции глобальной системы позиционирования сельскохозяйственной машины

Основное назначение базовой (опорной) станции в реализации технологий агроландшафтного, точного земледелия — обеспечение точности позиционирования и управления движением сельскохозяйственной машины. Станцией решаются следующие задачи: прием и обработка сигналов ГЛОНАСС и GPS, автоматическое непрерывное уточнение трех координат (широты, долготы, высоты), времени, курса и скорости, автоматический выбор созвездия видимых спутников ГЛОНАСС и GPS с учетом их положения и технического состояния, обмен информацией с внешними устройствами и др.

Радиосигналы спутника через антенну воспринимаются приемником станции (рис. 70) и передаются на микропроцессор для оценочного определения местоположения станции. Микропроцессор станции устанавливает совпадения текущих координат объекта с опорными координатами, производит вычисления дифференциальной поправки, которая радиопередатчиком базовой станции передается на приемник бортовой информационно-управляющей системы подвижного объекта.

Электрическое питание станции мощностью не менее 4 Вт осуществляется напряжением в диапазоне 10–20 В от любого источника постоянного тока.

Базовые (опорные) станции конструктивно могут быть стационарными или мобильными. В настоящее время оборудование высокоточного позиционирования на территории действия навигационной системы ГЛОНАСС и GPS предоставляется различными российскими предприятиями. Ведутся работы по созданию сети постоянно действующих спутниковых референцных станций, установленных на местности по определенной схеме. Эти станции объединяются в единую сеть для сбора и обработки спутниковых данных с целью определения местоположения объектов на обширной площади с высокой точностью по времени и пространству.

Приборы бортовой информационно-управляющей системы на подвижном объекте схематично размещаются в соответствии с выполняемыми функциями и эргономическими требованиями (рис. 71).

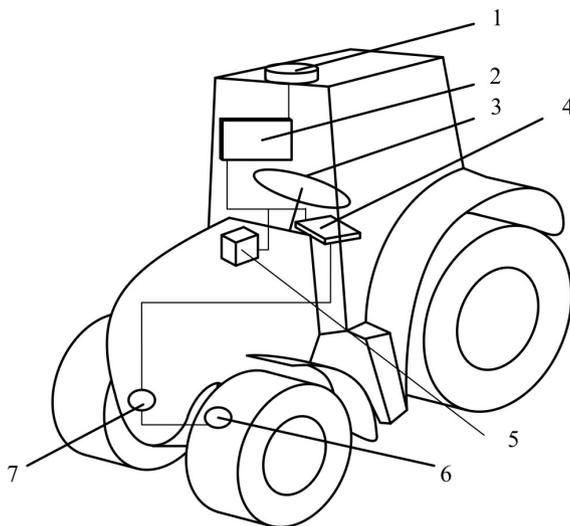


Рис. 71

Приборы бортовой информационно-управляющей системы:

1 — приемник; 2 — терминал; 3 — рулевое колесо; 4 — компьютер; 5 — электронный блок управления клапаном; 6 — датчик угла поворота управляемого колеса; 7 — пропорциональный клапан.

Наиболее полно значение и достоинства современных технологий растениеводства с применением бортовых информационно-управляющих систем на несущих энергетических средствах составных сельскохозяйственных агрегатов

проявляется при реализации параллельного вождения. Приборы и оборудование параллельного вождения позволяют не допускать пропуск при обработке участка поля, исключить повторные проходы, а также обеспечивают комфортные и безопасные условия труда операторов. Параллельное вождение может осуществляться, в основном, тремя вариантами: действиями водителя-оператора по показаниям светодиодного или графического следоуказателя (агронавигатора), воздействием подруливающего устройства, соединенного с рулевой колонкой, воздействием исполнительного механизма, включенного в гидравлическую систему рулевого управления.

Сегодня широкое распространение получили агронавигаторы зарубежных и отечественных производителей, которые помогают водителю осуществлять параллельное вождение машинно-тракторного агрегата. На экране агронавигатора с высокой точностью (в сантиметрах) указываются боковые отклонения, линии гонов, обработанные границы поля и другие необходимые сведения. При отклонении движения машины от курса агронавигатор БИУС предупреждает водителя визуальными и звуковыми сигналами.

Эффективность использования агронавигаторов возрастает при ночных работах на полях со сложным контуром, внутренними лесными и другими необрабатываемыми массивами. На экране отображаются текущий рабочий участок, границы обрабатываемого поля и местоположение МТА на поле. БИУС создает и сохраняет карту поля, шаблоны движения и обработки полей, контуры препятствий.

Развитие технических средств и программного обеспечения в короткое время существенным образом повысило качество и эффективность управления сельскохозяйственными машинами при выполнении технологических операций растениеводства. В первых системах параллельного вождения тракторов AUTO PILOT фактическое положение рядов высокостебельных культур определялось механическими датчиками, установленными на элементах жатки комбайна. Следующее поколение комбайнов оснащается системой LASER PILOT. Оборудованные специальными лазерными датчиками комбайны автоматически перемещаются с точностью до 10–20 см вдоль убранной и необранной частями поля. Высокая точность перемещения комбайна обеспечивается лазерным датчиком, непрерывно излучающим лазерные импульсы под углом 6° в горизонтальной плоскости. Отраженные от стеблей зерновых культур лучи регистрируются вторым датчиком, полученные сигналы обрабатываются микропроцессором БИУС.

Сегодня системы рулевого управления CAM PILOT, GPS PILOT энергетических средств компаний-производителей сельскохозяйственных машин указывают направление движения или автоматически направляют трактор в оптимальную колею. Оборудование и технические средства спутникового позиционирования, установленные на машинах, обеспечивают высокую точность управления по технологиям точного земледелия, качественную совместимость со стандартом ISOBUS, что значительно расширяет возможности универсального применения машин различными сельскохозяйственными предприятиями.

Интенсивное использование электронных приборов и оборудования в технологиях сельскохозяйственного производства привело к необходимости разработки технических средств и программ, обеспечивающих совместимость электронных устройств, выпускаемых различными предприятиями. Поэтому был разработан специальный стандарт электронной совместимости приборов и оборудования, устанавливаемых на сельскохозяйственные машины, машинно-тракторные и составные сельскохозяйственные агрегаты — протокол ISOBUS.

Стандарт ISOBUS принят для объединения различных электронных систем, которыми могут оснащаться современные сельскохозяйственные машины, выполняющие широкий спектр технологических операций в растениеводстве. Стандарт позволяет расширить рабочие функции машин, агрегатов, сельскохозяйственных орудий наименьшим количеством электронных устройств и линий, соединяющих исполнительные органы с БИУС. Бортовая информационно-управляющая система в стандарте ISOBUS предоставляет возможность документирования всех технологических операций с последующим обменом данными с электронной системой автоматизации управления производством на стационарном компьютере. Например, для дифференцированного внесения минеральных удобрений при точном позиционировании и наличии карт полей с разбивкой на участки по нормам внесения.

Контрольные вопросы и задания по главе 3

1. Представить графические изображения (вид сбоку в любом формате) с сохранением пропорций размеров длины и высоты классического трактора середины XX в. и современного трактора. Выявить основные отличия и объяснить изменения в компоновке и размерах тракторов.

2. Разработать схемы взаимодействия пультов управления телевизорами и другими бытовыми приборами с обязательным выделением линий связи, объяснением возможных физических принципов работы приборов и аппаратуры.

3. Составить схемы взаимодействия человека и приборов управления виртуальными объектами в компьютерных играх. Подготовить доклады и сообщения по материалам главы 3 с последующим обсуждением на практических занятиях.

ГЛАВА 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Животноводство — это наиболее древняя область человеческой деятельности, которой предшествовал длительный процесс одомашнивания отдельных видов животных, имевших для человека определенную пользу. Уже в древние времена отдельные виды животных стали использоваться человеком в качестве продуктов питания, получения сырья для изготовления одежды или строительства жилищ. На протяжении тысячелетий животные используются для производства тяжелых физических работ в качестве тягачей при обработке земли, подъеме и транспортировке тяжестей на горных и других работах. Благодаря животноводству, содержанию и разведению полезных видов животных получили развитие культура, торговля и другие прогрессивные процессы, постоянно совершенствующие технологии человеческой цивилизации [13, 14, 20, 21].

4.1. Продукция животноводства и организация технологических процессов в животноводстве

Кратко о продукции животноводства

Животные, в первую очередь одомашненные, являются жизненно важными ресурсами ценных для человеческого организма продуктов питания. Переход к мясной пище, содержащей легкоусвояемые органические вещества, стал важнейшим и определяющим звеном непрерывного умственного, физического развития человека. Животные являются источниками не менее ценных и необходимых для человеческого организма продуктов питания: жиров, молока, яиц, меда и прочих. Здоровье, благополучие, комфортность жизни человека немыслимы без использования шерсти, шкур, кожи, рогов, пера, пуха, костей, удобриений и других полезных составляющих продукции животноводства. Немаловажное значение имеют также красота, сила и другие служебные качества животных, их рабочие способности.

В рационе питания человека мясо убойного скота и птицы имеет особую ценность как источник животного белка и жира, а по сбалансированности содержащихся в нем питательных веществ, химическому составу и свойствам незаменим другими видами пищи. В составе мяса в оптимальном для человека количестве содержатся железо, калий, магний, натрий, цинк, фосфор, йод и другие необходимые элементы. При употреблении мяса в организм человека поставляются жизненно важные витамины, азотистые и безазотистые вещества, стимулирующие желудочную секрецию и способствующие усвоению принимаемой пищи. Наиболее ценны в пищевом отношении мышечная и жировая ткани мяса.

Высокими пищевыми качествами обладают субпродукты убойного скота и птицы. Язык и печень не только имеют высокие вкусовые и питательные качества, но и по ряду полезных гормональных веществ значительно превосходят мясо. Так, значительное количество ретинола, железа, меди, фосфора и жирора-

створимых гормональных веществ содержится в печени, витамины группы В — в почках.

Исключительно высокую жизненную значимость имеет молоко одомашненных животных. Природная способность крупного рогатого скота и других домашних животных вырабатывать молока больше, чем требуется для роста и развития телят, активно используется человеком.

Коровье молоко широко употребляется в пищу в свежем виде, после кипячения и пастеризации. Оно используется также для приготовления вкусных и питательных продуктов: сливочного масла, сметаны, сыров, кисло-молочных продуктов и многих других. Молоко необходимо в питании детей, способствуя их развитию. Коровье молоко улучшает общее состояние и увеличивает молочность кормящих матерей. Содержанием жира, белка, молочного сахара, витаминов, ферментов и других питательных веществ коровье молоко практически совпадает с составом женского молока.

В составе молока казеиновые, альбуминовые, глобулиновые белки и аминокислоты, многочисленные ферменты, минеральные соли, азотистые вещества, витамины, газы. Присутствующая в составе молока лактоза (молочный сахар) участвует в питании человеческого мозга, развитии центральной нервной системы человека.

Высокую питательную, животворящую ценность имеет молоко коз и других животных. Козье молоко полезно для детей с аллергическими реакциями на белок коровьего молока, при лечении анемии, туберкулеза, заболеваний глаз, костных тканей, диатеза и болезней сердца. Молоко овец служит исходным сырьем для приготовления различных сыров, из кобыльего молока делают кумыс — полезный кисломолочный напиток, употребляемый представителями тюркоязычных национальностей.

Мясо убойного скота и птицы, молоко составляют преобладающую часть продукции животноводства, занимающую значительную долю в структуре питания человека. Наряду с ними, важные функции в питании человека несут другие полезные качества и свойства животных, в частности — яйца птиц. Куриные яйца содержат полноценные белки, жиры, минеральные вещества, витамины (А, В, D, Е) и ряд других веществ, питающих и укрепляющих нервную систему человека. Сегодня яйца птиц стали незаменимым компонентом здоровой и вкусной пищи человека.

Продукты питания — не единственные полезные разделы продукции животноводства. Здоровье, комфортность, безопасность жизнедеятельности человека обеспечивается также и другими сырьевыми составляющими животноводства. Текстильная промышленность выпускает прочные, красивые и теплые ткани, лучший трикотаж, изготовленные из шерсти овец. Овечья шерсть является сырьем для изготовления разных марок технических материалов, необходимых другим отраслям промышленности и сельского хозяйства. Шерстная продукция животных служит сырьем для изготовления качественной одежды, предметов быта, мебели, хозяйственного инвентаря, качественных технических материалов.

Организация технологических процессов животноводства

Содержание и разведение человеком отдельного вида животного является структурной частью животноводства. Поэтому животноводство делится на отрасли: скотоводство — содержание и разведение крупного рогатого скота, свиноводство, птицеводство, коневодство, овцеводство, оленеводство и т. п.

Переломные социально-экономические события, протекавшие в нашей стране некоторое время тому назад, вызвали серьезный упадок сельскохозяйственного сектора экономики. Принятые в последнее десятилетие государственные меры по развитию сельского хозяйства привели к положительным результатам, в том числе в отрасли животноводства.

В настоящее время основной объем товарной продукции животноводства составляет продукция скотоводства (мясо, молоко и другие продукты), которая выпускается специализированными сельскохозяйственными предприятиями, а также фермерскими, крестьянскими хозяйствами, личными хозяйствами подворий. По данным Министерства сельского хозяйства России, структура производства скота и птицы на убой в живом весе в 2012 г. следующая: 64% — сельскохозяйственные организации, 33% — хозяйства населения, 3% — крестьянско-фермерские хозяйства и индивидуальные предприниматели. Количество и качество мяса, получаемого от животных, определяют мясную продуктивность сельскохозяйственных животных. По данным на 2013 г., основными видами мясной продукции в нашей стране являются мясо птицы — 44%, свинина — 33% и говядина — 19% от общего производства мяса. Производство других видов мяса не превышает 3–4%.

В ближайшей перспективе планируется поднять удельный вес отечественной животноводческой продукции в общем объеме ресурсов: мяса и мясопродуктов — не менее 86%, молока и молокопродуктов — не менее 85%.

В состав любого животноводческого предприятия входят ферма, комплекс, в котором содержится определенное поголовье животных того или иного вида; вспомогательные постройки, инвентарь, необходимый для производственной деятельности.

Животноводческие предприятия, занимающиеся воспроизводством животных, называются племенными. Предприятия, производящие животноводческую продукцию, называются товарными, например предприятия крупного рогатого скота — молочные и откормочные. Товарные свиноводческие предприятия называются откормочными и репродукторными. Птицеводческие предприятия называются предприятиями по производству мяса и яиц. Овцеводческие предприятия — мясо-шерстно-молочными, шерстно-мясными, каракулеводческими и предприятиями общего назначения.

Животноводческие предприятия, на которых осуществляется равномерное круглогодичное производство продукции в едином технологическом процессе, называется животноводческим комплексом. На животноводческом комплексе производство характеризуется узкой специализацией, большим объемом продукции, высоким уровнем разделения труда для комплексной механизации и автоматизации.

Животноводческие предприятия могут специализироваться на производстве одного-двух видов продукции.

Производственные корпуса животноводческих предприятий — это здания и сооружения основного и вспомогательного назначения, расположенные на одном участке и объединенные единым процессом производства животноводческой продукции. Здания основного назначения называются коровниками, телятниками для молодняка крупного рогатого скота, свинарниками-маточниками, свинарниками-откормочниками, овчарнями, конюшнями, птичниками и т. п. В составе животноводческих предприятий есть ветеринарно-санитарные и административно-бытовые помещения, хозяйственные постройки, кормовой двор, сооружения для хранения и переработки навоза, забора воды, инженерные сети, подъездные пути.

Сегодня, как было приведено выше, более половины животноводческой продукции производится крупными сельскохозяйственными предприятиями, в которых максимально соблюдаются современные правила и требования технологии производства молока, говядины, свинины, мяса птицы и другой животноводческой продукции. На таких механизированных, электрифицированных и автоматизированных предприятиях производство продукции осуществляется в сухих, светлых, хорошо вентилируемых помещениях по типовым технологическим процессам кормления, доения, подачи воды, уборки навоза. Проектирование, строительство крупных сельскохозяйственных предприятий животноводческой отрасли, применение существующих и разработка новых машин и механизмов подчиняется следующим основным принципам — максимальное удовлетворение физиологических потребностей животных, соответствие наиболее эффективным параметрам жизнеобеспечения животных для полного использования биологического потенциала их продуктивности.

Специализированные сельскохозяйственные предприятия по выращиванию животных и производству продукции животноводства называются фермами. Животноводческие фермы в зависимости от вида животных и птицы могут быть фермами крупного рогатого скота, свиноводческими, овцеводческими, птицеводческими, зверофермами, конефермами. Фермы по виду продукции также делятся на племенные, репродуктивные и товарные. Основной целью племенных ферм является выведение новых и совершенствование существующих пород скота и птицы. Цель репродуктивных ферм — размножение ценных и высокопродуктивных пород скота и птицы. Товарные фермы обеспечивают производство животноводческой продукции и также подразделяются, в частности, на товарные фермы крупного рогатого скота и специализируются на молочные, мясные и мясомолочные.

Птицеводческие предприятия классифицируются по биологическому виду: куры, утки, гуси, индейки и т. д., по возрастным группам: инкубаторные, бройлерные и взрослые птицы. Предприятия, выращивающие инкубаторных цыплят и утят, называются инкубаторно-птицеводческими станциями (ИПС), а предприятия, производящие мясо и яйца — птицефабриками.

Естественная потребность человека в продуктах питания обуславливает исключительные требования к объему производства животноводческой продукции. Так, в 2015 г. в нашей стране было произведено около 14 млн т мяса скота и птицы в живом весе, молока — около 31 млн т. Поэтому большая часть

производства животноводческой отрасли осуществляется на промышленной основе.

Крупные высокомеханизированные предприятия, осуществляющие круглогодичное промышленное производство животноводческой продукции, называются животноводческими комплексами. Основные отличительные особенности животноводческих комплексов, обеспечивающих круглогодичное ритмичное производство продукции, — это, прежде всего, прочная кормовая база, поточные линии групп операций, центральное управление технологическими процессами, наличие перерабатывающих предприятий и некоторые другие. Высокие показатели эффективности имеют механизированные комплексы по производству молока с поголовьем от 800 до 2 тыс. коров. Экономически эффективны комплексы по производству говядины с поголовьем до 10 тыс. голов в год, по производству свинины — от 12 тыс. до 100 тыс. голов в год. Промышленное производство яиц ведется на фабриках мощностью от 50 тыс. до 1 млн кур-несушек, мяса птицы на фабриках мощностью от 1 млн до 8 млн цыплят в год.

Машины, технические системы животноводства. Основные направления совершенствования технологий и технологических систем

Комплексная механизация производства животноводческой продукции подразумевает, что все технологические процессы выполняются машинами и механизмами.

Современное состояние механизации, электрификации и автоматизации животноводства в нашей стране требует ускоренного внедрения новых технологий, технологических систем, новых машин и оборудования. Практически во всех подотраслях животноводства сохраняются высокий удельный вес ручного (немеханизированного) труда, низкая производительность труда, высокие удельные затраты ресурсов на единицу продукции. Низкими темпами внедряются передовые технологии содержания животных и производства животноводческой продукции. Так, удельный вес беспривязного содержания скота — не более 12–15%, в доильных залах доится не более 17–18% дойного стада коров, менее 10% скота получают при кормлении однородные сбалансированные смеси. Слабо используются пастбищное содержание скота, естественные луга и пастбища.

Несоблюдение требований качества используемых кормов (их сбалансированности), качества параметров микроклимата и технологических регламентов содержания снижают продуктивность скота и свиней. Большинство технических систем и машин в животноводстве эксплуатируются значительно дольше нормативного срока эксплуатации, составляющего в среднем около 7 лет.

Государственной программой развития сельского хозяйства России на период до 2020 г. предусмотрено повысить производство молока до 36,0 млн т, мяса крупного рогатого скота — до 3,15 млн т, свиней — до 4,53 млн т, птицы — до 5,8 млн т. Достижение таких высоких показателей развития животноводства планируется осуществить путем модернизации и технического оснащения производства, предполагается поднять производительность труда в сельском хозяйстве в сравнении с 2009 г. в 1,7 раза, в животноводстве — более чем в 2,0 раза. Достижение таких высоких показателей развития животноводства

планируется осуществить путем модернизации и технического оснащения производства по основным направлениям, приведенным ниже.

Учеными, специалистами животноводческой отрасли сельского хозяйства нашей страны разрабатываются основные научные принципы создания перспективных систем машин, обеспечивающих комплексную механизацию и автоматизацию выполнения технологических процессов и операций с минимальными затратами ресурсов (трудовых, финансовых, энергетических). Новые машины, технические системы должны отвечать требованиям соответствия генетическому потенциалу пород и породных групп животных; природно-климатическим, зональным и ландшафтным условиям; оптимальным условиям жизнеобеспечения животных, типу хозяйств и экономики их функционирования. Кинематические, динамические характеристики конструкции машин и комплексов должны определяться режимами и способами содержания, подготовки кормов к кормлению, параметрами микроклимата и другими условиями для каждого вида, направления, половозрастных групп животных.

Современное состояние механизации, электрификации и автоматизации животноводства в нашей стране требует ускоренного внедрения новых технологий, технологических систем, новых машин и оборудования. Практически во всех подотраслях животноводства сохраняются высокий удельный вес ручного (немеханизированного) труда, низкая производительность труда, высокие удельные затраты ресурсов на единицу продукции. Низкими темпами внедряются передовые технологии содержания животных и производства животноводческой продукции. Так, удельный вес беспривязного содержания скота — не более 12–15%, в доильных залах доится не более 17–18% дойного стада коров, менее 10% скота получают при кормлении однородные сбалансированные смеси. Слабо используются пастбищное содержание скота, естественные луга и пастбища.

Несоблюдение требований качества используемых кормов (их сбалансированности), качества параметров микроклимата и технологических регламентов содержания снижают продуктивность скота и свиней. Большинство технических систем и машин в животноводстве эксплуатируются значительно дольше нормативного срока эксплуатации, составляющего в среднем около 7 лет.

Принципы действия машин, их конструкции, количество необходимой энергии, системы автоматизации, эксплуатационные характеристики устанавливаются методами и способами организации производства, ее концентрацией и специализацией. Ряд ведущих российских специалистов и экспертов считают целесообразным разрабатывать и производить машины для животноводческой отрасли в виде отдельных блоков и модулей, которые позволят компоновать из них современные технологические животноводческие комплексы. Эти технологические комплексы будут компоноваться из машин, легко адаптирующихся под индивидуальные особенности животных, способных развивать требуемую производительность в зависимости от концентрации и специализации производства.

Опыт животноводства в передовых странах и современных животноводческих предприятий нашей страны указывает, что наиболее продуктивными и энергоэффективными являются технологические комплексы машин при следующей концентрации производства (табл. 16).

Концентрация производства в отдельных отраслях животноводства

Отрасль животноводства	Фермы с поголовьем, голов
Молочное	15, 25, 50, 100, 200, 400
Откорм скота	50, 100, 200, 400, 800, 1200, 3000, 6000
Свиноводство	250, 500, 1000, 3000, 6000, 12000, 24000
Овцеводство	Маточное: 200, 400, 850, 1250, 2500
	Специализированное: 500, 1000, 2000

Дальнейшее совершенствование технологий и технологических комплексов машин и другого оборудования в животноводстве рационально осуществлять путем формирования типовых рядов машин, модификаций и семейств на принципах унификации, многофункциональности.

Важнейшим направлением повышения продуктивности и эффективности животноводства являются работы в области энергетического обеспечения производства животноводческой продукции. По статистическим данным известно, что животноводство потребляет более 5 млн т условного топлива, в том числе более 11 млрд киловатт-часов электроэнергии или 20% от общего электропотребления в сельском хозяйстве, включая быт и социальную сферу. При сравнении энергетической эффективности производства животноводческой продукции выясняется, что в России на производство единицы продукции тратится электроэнергия в 2–4 раза больше, чем в передовых странах. Более высокое потребление энергии объясняется различными причинами, но основными являются следующие:

- низкая по сравнению с передовыми странами продуктивность животноводства;
- низкий уровень комплексной электромеханизации и автоматизации производственных процессов, в первую очередь, в крестьянских и фермерских хозяйствах.

Научно-исследовательские, промышленные организации интенсивно работают по внедрению в отрасли сельского хозяйства новых достижений науки и техники, направленных на ресурсо- и энергосбережение в технологических процессах производства сельскохозяйственной продукции. Разработаны и активно внедряются в производство новые образцы энергетического оборудования с высокими энергетическими параметрами. Создаются децентрализованные системы энергообеспечения сельскохозяйственных объектов с широким использованием газа, биомассы, древесных и растительных отходов, навоза, торфа, солнечной и ветровой энергии. Промышленностью, различными предприятиями предлагаются мини-ТЭС на базе газопоршневых и газотурбинных когенерационных установок, дизельгенераторы, микротурбины, современные системы тригенерации.

Российскими учеными, конструкторами разработаны эффективные системы и средства освещения с применением компактных люминесцентных и натриевых ламп, светодиодов и других источников света, обеспечивающие значительную экономию электроэнергии (80%). Эти системы прошли успешную апробацию в отдельных птичниках и телятниках. На ряде современных

животноводческих предприятий внедрены технологии и модульное оборудование для переработки навоза с получением биогаза и смесового топлива для производства тепловой и электрической энергии. Опытные биогазовые установки из нескольких реакторов-модулей новой конструкции обеспечивают непрерывность процесса получения биогаза, плавный запуск системы, хорошую ремонтпригодность и применимость для многих категорий хозяйств, где имеются органические отходы и навозные стоки. Успешно зарекомендовали себя установки приготовления смесевых биотоплив (из навоза, помета, опилок, шламов), озонаторные и ультрафиолетовые установки для обеззараживания помещений, продукции, кормов, фотоэлектрические установки для комбинированного и автономного электроснабжения малых ферм.

Контрольные вопросы и задания по разделу 4.1

1. Выполните статистическую выборку производства продукции животноводства в регионе за последние 3–5 лет, представьте данные в виде столбчатых диаграмм и проведите обсуждение результатов анализа на практических занятиях.

2. Выполните анализ применения технических систем и средств механизации, электрификации и автоматизации в технологических процессах животноводства в ряде хозяйств разной формы собственности. Материалы анализа представить в виде докладов и сообщений на практических занятиях и на других форумах.

4.2. Автоматизированные системы в технологических процессах животноводства

Известно, что автоматизация производственных процессов на практике осуществляется на разных уровнях.

Автоматизация нулевого уровня — это механизация технологического процесса. При автоматизации нулевого уровня, механизации отдельные, наиболее тяжелые, трудоемкие, монотонные операции выполняются без участия человека. Например вспашка поля тракторным плугом, транспортирование грузов механическими устройствами и т. п.

В промышленности, машиностроении, при серийном и поточном производстве изделий автоматизацией первого уровня понимается использование технических устройств и машин, исключая участие человека в выполнении холостых ходов на отдельных агрегатах технологического оборудования. Применяемые машины и другие устройства могут быть автоматическими и полуавтоматическими. Более высокий уровень автоматизации второго уровня подразумевает автоматизацию технологического процесса в целом. В машиностроении второму уровню автоматизации соответствуют различного типа автоматические линии и гибкие производственные системы.

Автоматической линией называется автоматически действующая система машин, установленных в технологической последовательности и объединенных средствами транспортировки, загрузки-разгрузки, контроля, управления и уда-

ления отходов. Эта линия состоит из отдельных единиц технологического оборудования, которые компонуется под определенный вид транспорта и связываются с ним с помощью тех или иных устройств загрузки-выгрузки (манипуляторов, лотков, подъемников).

Если на некоторых позициях автоматической линии предусматривается участие человека, то такая линия называется автоматизированной.

Особенностью гибких производственных систем, в отличие от автоматических линий, является то, что гибкие производственные линии имеют в своем составе переналаживаемое технологическое оборудование. Гибкие производственные линии обладают важной способностью производить различные изделия по мере необходимости.

В настоящее время для производств, выпускающих массовые изделия, количество которых исчисляется сотнями тысяч и миллионами, существует уровень автоматизации, называемый комплексным. Комплексная автоматизация подразумевает реализацию всех предшествующих уровней автоматизации. Она требует высокой технической оснащенности производства и больших капитальных затрат.

Любой уровень автоматизации производства может быть реализован при условии наличия специальных технических устройств, обеспечивающих надежное функционирование прямых и обратных связей элементарного звена любой технической и производственной системы. Под системой понимается совокупность элементов или устройств, находящихся в отношениях и связях между собой и образующих определенную целостность, единство. Элемент системы — простейшая неделимая часть системы. Любая система может рассматриваться как элемент системы более высокого порядка, в то время как ее элементы могут выступать в качестве систем низшего порядка.

Очевидно, что при изучении вопросов, связанных с содержанием, уходом животных для получения их высокой продуктивности, систему отношений и связей машин, механизмов с животными необходимо рассматривать как открытую систему. При этом в данной системе производственные, технологические процессы, технические и живые объекты взаимодействуют не только между собой, но и с внешней средой. На рисунке 72 показано элементарное звено, ячейка системы, с действующими на нее входными сигналами, воздействиями X . Выходные сигналы обозначены Y , а обратные связи обозначены y .



Рис. 72

Элементарное звено технологического процесса

Автоматизация, механизация труда, технологических процессов подразумевает управление объектами, составными частями объектов, двигателями, передаточными, исполнительными механизмами. Управление движением машин, других технических устройств должно осуществляться в соответствии с поступающей человеку или специальному запрограммированному блоку управления информации.

В автоматизированных и автоматических системах обязательно присутствуют датчики первичной информации и различного рода сервоприводы, приводящие в действие исполнительные механизмы, рабочие органы и инструменты. Таким образом, в системах автоматизации производственных процессов находятся следующие компоненты:

- элементы (датчики), чувствующие изменения параметров хода производственного процесса;
- усилители, выработанных чувствительными элементами (датчиками), электрических и других физических сигналов;
- исполнительные сервоприводы различного функционального назначения;
- источники энергии.

Исполнительные механизмы, рабочие органы являются последним звеном в системах управления работой машин и других технических устройств. В зависимости от характера движения рабочего органа исполнительные устройства подразделяются на:

- исполнительные механизмы с линейным движением;
- исполнительные механизмы с поворотным движением (т. е. с вращением в пределах одного оборота выходного вала);
- исполнительные механизмы с вращательным движением (т. е. с вращением, превышающим один оборот выходного вала).

По виду используемой энергии исполнительные механизмы могут быть механическими, электрическими, гидравлическими, пневматическими.

Интенсивное внедрение новых перспективных технологий в производство животноводческой продукции, применение робототехнических комплексов требует краткого ознакомления с общепринятыми основными терминами и определениями.

Устройство, машина автоматизированной, автоматической системы, предназначенная для имитации двигательных и рабочих функций руки человека, называется манипулятором (рис. 73). Управление манипулятором может быть биотехническим (ручным), интерактивным (смешанным) и автоматическим.

К манипуляторам с ручным управлением относят копирующие манипуляторы, телеоператоры и т. п. Первыми появились манипуляторы с биотехническим управлением для работы с радиоактивными, отравляющими веществами, раскаленными металлическими болванками и т. п. Автоматические манипуляторы работают без участия человека. К ним относятся автооператоры, промышленные роботы и манипуляторы с интерактивным управлением. Автооператор — неперепрограммируемый автоматический манипулятор. Промышленный робот — перепрограммируемый автоматический манипулятор. Интерактивный манипуля-

тор — это робот, попеременно управляемый автоматически или оператором, оснащенный устройством памяти для автоматического выполнения отдельных действий. В зависимости от формы участия человека управление может быть:

- автоматизированным — автоматические и биотехнические режимы управления чередуются во времени;
- супервизорным — операции этапов выполняются автоматически, а переходы между этапами задаются оператором.

Тело, перемещаемое в пространстве манипулятором (предметы обработки, инструменты, захватный орган и т. д.), называется объектом манипулирования.

Конструктивно манипуляторы содержат:

- рабочий орган в виде захватного устройства для выполнения всех его двигательных функций;
- передаточные механизмы;
- исполнительные механизмы;
- приводы;
- несущие элементы.

Исполнительный механизм с приводом и захватным устройством называется рукой манипулятора.

В состав информационной системы входят чувствительные (сенсорные) устройства, система внутренней диагностики, устройства контроля и блокировки. Информационная система производит сбор, первичную обработку и перевод в систему управления информации о функционировании механизмов манипулятора робота и о состоянии внешней среды (рис. 73).

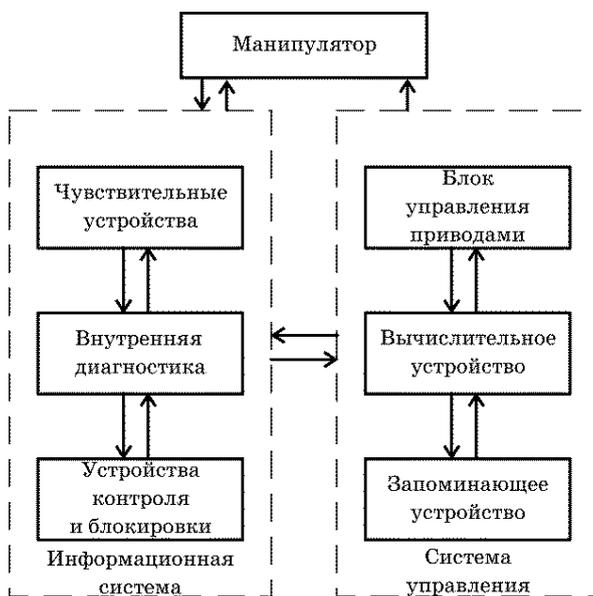


Рис. 73

Структурно-функциональная система манипулятора

Система управления манипулятором предназначена для формирования и выдачи управляющих воздействий исполнительным механизмам в соответствии с управляющей программой. Перепрограммируемые устройства системы управления обеспечивают изменение последовательности и/или значений перемещений по степеням подвижности и управляющих функций. Система содержит блок ввода и контроля, запоминающее устройство, вычислительное устройство, реализующее алгоритм управления.

Потенциальные возможности применения автоматизированных и автоматических систем при содержании и уходе за животными резко возросли, когда были разработаны мощные и надежные электрические приводы линейных перемещений. В животноводстве как нигде более необходимы исполнительные механизмы, в которых требуются максимально бережные и плавные линейные перемещения рабочих инструментов (также как и в медицине). Появившиеся несколько лет назад электромеханические линейные приводы, названные актуаторами, имеют способность надежно и точно поднимать, настраивать, наклонять, толкать, тянуть тяжелые или труднодоступные объекты с усилием до 10 кН.

Сегодня актуаторы, выпускаемые промышленностью, стали реальной альтернативой гидравлическому и пневматическому оборудованию по надежности и экономичности. Современные электромеханические приводы, соединенные с различными блоками управления, позволяют точно, четко и безошибочно выполнять сложные комбинации действий, регулируя самостоятельно скорость и ускорение движения составных частей общей системы. Именно благодаря своим явным преимуществам перед гидравлическими и пневматическими приводами, актуаторы широко применяются в системах кормления животных. В таблице 17 приведены основные технические характеристики актуаторов типа LAM3, состоящих из двигателя постоянного тока напряжением 12 В или 24 В, редуктора и ходового винта. Актуаторы имеют функцию самоблокировки. Основные характеристики линейных актуаторов LAM3 приведены в таблице 17.

Таблица 17

Основные технические характеристики актуаторов LAM3

	LAM3-S0	LAM3-S1	LAM3-S3
Напряжение питания	24 В		
Усилие, Н	120	240	750
Максимальная длина хода, мм	300		
Скорость движения, мм/с	45–57	22–30	8–10

Важным приоритетным направлением преодоления устаревших методов хозяйствования, отказа от затратных, энергоемких технологий, устаревших моделей машин, несовершенного оборудования, неэффективных форм организации труда является интеллектуализация машин, широкое применение роботов на фермах России. Предприятия с роботизированными фермами имеют высокие показатели качественной, конкурентоспособной на мировом уровне продукции.

Сегодня более 1,5 млн коров в мире доится 35 000 роботами, каждый год в мировом сельском хозяйстве прибавляется более чем по 3 000 интеллектуаль-

ных машин. Доильные роботы исключают ручной труд, обеспечивают постоянный зооветеринарный контроль состояния коров, сокращение межотельного периода, рост продуктивности коров за счет более частого доения в сутки. Роботизированные комплексы осуществляют индивидуальное дозированное скормливание комбикормов; информируют о нарушениях технологических процессов и выполняют другие необходимые функции.

Современные системы управления стадом идентифицируют животных, ведут контроль текущей молокоотдачи, индивидуальных удоев, данных о параметрах качества молока по содержанию жира, белка, крови, соматических клеток, мониторинг двигательной активности, походки животных. В состав системы управления стадом входят датчики электронной идентификации животных, которые помимо идентификации животных, обеспечивают передачу в компьютер звука при пережевывании кормов, температуру тела, частоту дыхания. Электронные проточные измерители потока молока отслеживают надой, проводимость молока и молокоотдачу, участвуют в обработке информации о лактации отдельных дойных коров. Автоматические системы управляют входными и выходными воротами, обращают внимание обслуживающего персонала на проблемных коров, информируют о коровах, дающих молозиво, проходящих лечение антибиотиками, и т. п.

Специальные электронные устройства обеспечивают точное отслеживание активности движения, осуществляют непрерывный контроль стада в течение 24 ч, позволяют сократить потери у высокоудойных коров, контролируют состояние здоровья. Российскими специалистами разработана и успешно применяется интеллектуальная система непрерывного контроля качества молочного сырья и здоровья животных, позволяющая хозяйствам с роботизированными фермами производить необходимые корректировки в технологических процессах, в частности, контролировать процессы приготовления и раздачи полнораціонных кормосмесей.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) осуществляют приготовление и раздачу кормов, поддерживают высокую работоспособность всех элементов технологического оборудования и машин. Высокое качество концентрированных кормов играет особую роль для птицеводства и свиноводства. Кормовые станции с компьютерным управлением сочетают оптимизацию кормления и индивидуальный подход к каждому животному с их гуманным содержанием. Продуктивность животного, обладающего свободой движения и не испытывающего стресса при поедании корма, значительно выше.

Автоматизированные системы обеспечивают нормативные параметры воздушной среды животноводческих помещений с наименьшими затратами всех видов ресурсов. Микропроцессорная техника автоматизированных систем управления работой технических средств навозоудаления из помещений осуществляет контроль физико-механических характеристик навоза, зоны и скорости его накопления. В зависимости от изменения указанных характеристик и параметров, система управления устанавливает циклы уборки и приводит в действие высоконадежные шнековые и штанговые транспортеры, скреперные

установки с гидравлическими приводами, другие технические средства. Компьютерные технологии задают кратность уборки навоза в животноводческом помещении, управляют работой скребков, предотвращают травмирование животных и людей движущимися частями скрепера, выполняют другие не важные функции.

Интеллектуализация машин, создание и развитие интеллектуальных ферм — новое перспективное направление сельскохозяйственного машиностроения, новое перспективное направление приложения сил студентов, бакалавров, магистров агроинженерии.

Технические средства и системы автоматизации процессов ухода за животными

В настоящее время технология кормления животных на крупных животноводческих комплексах быстро автоматизируется. Автоматизация кормления коров повышает продуктивность, снижает затраты на кормление. Разработаны и активно используются автоматизированные системы управления (АСУ ТП) механизмами и машинами, осуществляющими приготовление, транспортирование и раздачу кормовой смеси. Такие АСУ ТП работают по программам, составленным в соответствии с зоотехническими требованиями. Качество кормления, рацион кормов и другие параметры выводятся на мониторы операторов, которые могут внести необходимые изменения в работе механизмов и машин.

Развитие средств автоматизации придает новые направления повышения продуктивности животноводства. Становится возможным организовать индивидуальную раздачу кормов, особенно важную и эффективную на доильной площадке. Для индивидуальной раздачи кормов осуществляется автоматическая идентификация животных с помощью специальных радиоустройств-транспондеров, которые являются приемопередающими устройствами, посылающими ответный сигнал на сигнал радиозапроса (рис. 74).

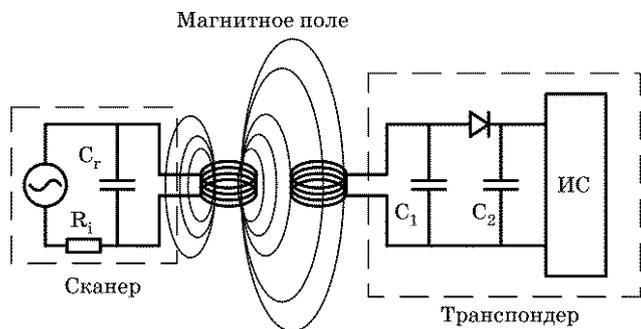


Рис. 74

Схема радиочастотной идентификации

Широкому применению автоматической идентификации животных предшествовала длительная работа, необходимость которой возникла практически с момента появления животноводства. Даже на раннем этапе животноводства требовалось разделять животных на собственных и чужих. При дальнейшем развитии появилась потребность не только определять принадлежность живот-

ного, но и фиксировать большое количество информации об отдельном животном или их группе.

Было разработано множество методов мечения животных, но ни один из них не обеспечивал максимальной достоверности информации о животном. Прорыв в этом направлении произошел в начале 90-х гг. XX в., когда был разработан и успешно внедрен способ автоматической идентификации объектов, в котором посредством радиосигналов считываются или записываются данные, хранящиеся в так называемых транспондерах, или RFID-метках (*англ.* Radio Frequency Identification, радиочастотная идентификация). Система радиочастотной идентификации состоит из считывающего устройства (считыватель, сканер), антенны и RFID-метки (транспондера или микрочипа, или RFID-тега) (рис. 74).

Большинство RFID-меток состоят из двух частей: интегральной схемы (ИС) для хранения и обработки информации, модулирования и демодулирования радиочастотного сигнала и антенны для приема и передачи сигнала.

Для мечения животных используются пассивные метки с рабочей частотой 134,2 кГц, выполненные в виде болюсов, ушных бирок или имплантируемых подкожно или внутримышечно капсул (далее микрочип). Пассивные RFID-метки не имеют встроенного источника энергии. Электрический ток, индуцированный в антенне электромагнитным сигналом от считывателя, обеспечивает достаточную мощность для функционирования кремниевого CMOS-чипа, размещенного в метке, и передачи ответного сигнала, в зависимости от вида и размера, обладают различной памятью (96–128 бит), 10- или 15-значным кодированием.

Самые маленькие представители имеют размер 12×2 мм и применяются для идентификации домашних, экзотических, диких животных, рыб и птиц. Чипы размером 3×15 мм и 4×28 мм применяются для идентификации сельскохозяйственных животных, как в виде самостоятельных имплантантов, так и в болюсах. Расстояние считывания находится в прямой зависимости от размера микрочипа, соответственно, чем больше чип, тем больше расстояние. Вторым важнейшим фактором, влияющим на расстояние считывания, является мощность считывателя (сканера). Микрочипы разных производителей различаются весом, размерами, объемом памяти, кодированием, материалом изготовления капсулы, инъектора и стоимостью. Ниже приводятся некоторые характеристики распространенных микрочипов.

Микрочип производства Animal-ID (Россия–Испания) и Datamars (Швейцария). Материал изготовления — парилен, частотнопассивный без батареи 134,2 кГц, ISO11784, стерилизован методом ионизирования 4 года, 15-значное кодирование 128 бит EEPROM, расстояние считывания 10–60 см, размер 2×12 мм и 3×15 мм (обеспечивает 30%-ное увеличение расстояния считывания). Температура работы микрочипа –25°С...+40°С, хранения –40°С...+70°С, масса 0,3 г. Частотнозащищен. Инъектор — стерильный шприц в индивидуальной упаковке, с местом отрыва, стерилизован методом ионизирования 4 года, материал шприца — полиуретан, анатомическое строение, игла — сталь AISI304, штрих-коды в комплекте.

Микрочип производства Datamars (Швейцария). Материал изготовления — биоорганическое стекло BIOGLASS8625, частотнопассивный без батареи

134,2 кГц, ISO11784, стерилизован методом ионизирования 3 года, 15-значное кодирование 128 бит EEPROM, расстояние считывания 10–40 см, размер 2×12 мм. Температура работы $-25^{\circ}\text{C} \dots +40^{\circ}\text{C}$, хранения $-40^{\circ}\text{C} \dots +70^{\circ}\text{C}$, масса 0,5 г. Частотнозащищенный инъектор — стерильный шприц в индивидуальной упаковке, с местом отрыва, стерилизован методом ионизирования 3 года, материал шприца — полиуретан, анатомическое строение, игла — сталь AISI304, штрих-коды в комплекте.

Роботизированные комплексы для кормления животных

Существующие в настоящее время автоматизированные системы кормления животных контролируют и регулируют процессы смешивания кормов, управляют бесступенчатой, индивидуальной раздачей корма в соответствии с породой, возрастом и состоянием животного.

Автоматизированные машины и оборудование позволяют вести кормление животных по ежедневно составляемым новым кормовым смесям из различных компонентов с учетом дней откорма или веса животного. Автоматизация процессов кормления обеспечивает индивидуальное кормление животных по графикам прироста, энергии и подачи корма, возможных медикаментов.

В последние годы все большее распространение приобретают роботизированные устройства раздачи концентрированных кормов, которые используются для кормления животных привязного и беспривязного содержания. Устройства, называемые кормовагоном или роботом, перемещаются по коровнику на монорельсах и производят точную раздачу концентрированных кормов в соответствии с установленным для каждой коровы рационом питания (рис. 75).

Кормовой вагон загружается готовой кормосмесью или ингредиентами из кормоцеха животноводческого предприятия.



Рис. 75

Схематическое изображение кормовагона:

1 — кормовой стол; 2 — лоток выдачи кормосмеси; 3 — монорельс.

Например, кормовагон RA135 позволяет круглосуточно производить частое кормление, что особенно важно для обеспечения хорошего перемещения коров и эффективности кормления в коровниках беспривязного содержания и добровольного доения (табл. 18).

Следующим шагом в разработке и внедрении автоматических систем кормления животных стало успешное применение кормовой кухни с устройством захвата корма и робота — раздатчика корма. Робот-раздатчик корма является развитием робота, основной задачей которого было собирание и подталкивание корма, разбросанного коровами при поедании, на кормовой стол.

Таблица 18

Технические характеристики кормовагона импортного производства

Наименование	Ед. изм.	Значение
Полезный объем	м ³	2,5
Ширина	мм	1350
Длина:		
– включая аварийные ограничители	мм	3900
– без аварийных ограничителей	мм	3700
Высота:		
– без поперечного транспортера	мм	1300
– с поперечным транспортером	мм	1650
Расстояние между монорельсом и кормовым столом		
– без поперечного транспортера	мм	1950
– с поперечным транспортером	мм	2050
Размеры кормового стола		
Минимальная ширина	мм	200
Номинальная мощность электродвигателей:		
– электродвигатель измельчителя	кВт	4,0
– перемещения вперед	кВт	0,37
– поперечного транспортера	кВт	0,75
Масса	кг	950

Кормовой кухней стали называть комплекс автоматизированных технических устройств, способных отбирать нужные виды кормов с ровной плоской поверхности в необходимом количестве и загружать их в кормосмеситель. Смешивание и раздача корма осуществляется роботом, максимальный объем раздачи — 2 кубометра. Такая технология позволила независимо подавать смешанный рацион в нужное место кормовой аллеи коровника. Корм смешивается непосредственно перед кормлением, что позволяет обеспечить его свежесть на момент подачи коровам. В сочетании со стабильным индивидуально подобранным рационом это приводит к повышению производства молока. Робот-кормо-раздатчик представляет собой кормосмеситель с вертикальным шнеком, режущими ножами и противоножами. Кормление отдельных групп животных, находящихся в одном помещении, обеспечивает гибкость и рациональность раздачи кормов с учетом физиологических потребностей животных, собранных в группы.

Робот-кормо-раздатчик системы Vector имеет функцию измерения количества корма, оставшегося на кормовой аллее, что позволяет роботу определить, когда следует выполнять дозировку свежего корма, а когда просто продолжать движе-

ние. Таким образом, свежего корма всегда достаточно — не слишком много и не мало. Пользователи также указывают на значительную экономию энергии по сравнению с самоходными и прицепными кормосмесителями.

Разработаны и используются системы раздачи кормов в коровниках в специальных автоматических кормовых станциях. Применение кормовых станций позволяет организовать подбор необходимого рациона питания животных, осуществлять кормление малыми порциями для повышения усвояемости животным полезных питательных веществ и микроэлементов. Благодаря кормовым станциям обеспечивается учет параметров коровы, эффективное распределение концентрированных кормов.

Индивидуальная система кормления коров не только способствует повышению надоев, но и исключает перекармливание коров. Составные части кормовых станций — дозаторы и раздаточные механизмы, обеспечивают раздачу точного количества кормов. Система идентификации коровы по ее транспондеру устанавливает рекомендованный для данной коровы режим питания и производит кормление по графику. Если корова пропустила очередное время кормления, то количество неполученного корма распределяется на последующие порции кормления.

Автоматическая идентификация животных и измерение их продуктивности (удоя, веса) позволяют вручную или в автоматическом режиме вносить необходимые изменения в технологический процесс кормления животного — изменять качество корма и его дозировку.

Кормовые станции устанавливают за пределами доильного зала, в доступном для коров месте. Специальные датчики кормовой станции дают точную информацию о концентрированных кормах и их потреблении коровами. Компьютерная программа кормовой станции задает время кормления, исходя из времени доения коров, способствуя, таким образом, более частым подходам коров к доильному роботу. Дополнительные раздатчики концентрированных кормов используются для создания сбалансированного рациона коров с низкой и высокой продуктивностью или раздачи специальных кормовых добавок коровам, которые в этом нуждаются.

Суточный рацион каждого животного автоматически устанавливается индивидуально по транспондеру животного. Корм подается в кормушки специальной формы малыми порциями разного объема с большей точностью.

В комплект станции кормления входят:

- бункер для приема и накопления корма;
- дозаторы с электроприводом для выдачи нужной порции корма;
- автокормушка;
- система идентификации с датчиками на ошейниках номеров коров;
- ограждение металлическое;
- электрощит с блоком электропитания, системой индикации и системой управления для индивидуальной кормораздачи;
- навес для наружной установки, защищающий коров, корм, станцию кормления от атмосферных осадков.

На крупных животноводческих предприятиях кормление животных осуществляется линиями автоматического кормления. Такие линии предназначены для организации сбалансированного питания каждой коровы. Суточная норма питания коровы разбивается на 6–8 приемов пищи с целью нормализации пищеварительной системы животных и получения высоких надоев и стабилизации прибавки в весе.

На свиноводческих фермах и комплексах особое место занимают проблемы в соблюдении точности дозирования кормов животным, так как доля кормов в себестоимости составляет 50–70%. Поэтому применение автоматизированных систем индивидуального нормированного кормления свиней (компьютерных кормовых станций) получило признание и широкое распространение. Зарубежные фирмы «Биг Дачмен» и «Вестфалия» (Германия), «Функи» и «Веда» (Дания), «Пойез» (Бельгия), «Шауэр» (Австрия) и другие внедрили кормовые станции при кормлении супоросных и ремонтных маток.

Основным принципом работы кормовых станций является индивидуальная нормированная выдача корма свиноматке в соответствии с заданной программой управляющего компьютера. Поступающее на станцию животное сначала идентифицируется. Антенна кормовой станции принимает сигнал, передаваемый ответчиком, закрепленным на животном, и передает его в компьютер. В соответствии с заданной программой компьютер решает вопросы дозирования корма. Если животному полагается получить корм, то управляющий компьютер включает приводные двигатели дозирующих устройств (выдача сухого корма) или электромагнитные клапаны (выдача жидкого корма) и дозирует количество корма, предусмотренное программой.

Сухой корм чаще всего выдается порциями по 30–100 г через интервалы 25–30 с. Скорость выдачи порций при кормлении жидким кормом примерно в 3 раза выше. Съеденное количество корма фиксируется компьютером, заданную суточную дозу свиноматка может съесть за один или несколько заходов в станцию. Входная дверь во время кормления закрыта, что позволяет слабым свиноматкам спокойно поглощать корм.

Система кормления по требованию самого животного включает следующие основные элементы конструкций: индивидуальный станок (станция) с автоматическими системами входа и выхода животного, а также кормовым столом; система идентификации животного с передатчиками и приемными устройствами; механизмы для взвешивания животного; компьютерное управление технологическими процессами.

В 2014 г. были опубликованы результаты испытаний системы раздачи кормов MultiFast, которая производится компанией Roxell. Управляемая компьютером система дает возможность контролировать выход животноводческой продукции за счет оптимизации кормления каждой особи поголовья. Многофазный мониторинг процесса кормления позволяет осуществлять кормление различными рационами животных в станках, разделенных, к примеру, по половому признаку.

Центральное звено системы — устройство для взвешивания и смешивания, которое перемешивает до 50 кг кормов одновременно. Устройство принимает

ингредиенты навалом из 20 емкостей и тщательно перемешивает корм перед подачей в систему кормления и каждую кормушку в отдельности. Операции системы MultiFast управляются с помощью компьютера, который регулирует время заполнения кормушки, рецептуру рациона и данные по конкретной кормушке, количество ингредиентов, поступающих в смесительный блок, систему раздачи комбикорма (точка выхода кормов из шнека к каждой кормушке переключается в режим «закрыто — открыто», чтобы задавать корм далее по линии).

Система позволяет одновременно раздавать три партии кормов в разные кормушки в любой момент времени. Контроллер точно определяет, где и какая партия находится в системе кормления и адресно открывает точки выхода кормов только тогда, когда поступает нужный именно для этой фазы и кормушки рацион.

Мощность смесителя системы MultiFast — около 2 т/ч, большинство установок рассчитаны на доставку 10–12 т кормов каждые 24 ч — количество, достаточное для кормления 4000 свиней.

Основной частью системы является адресная дача кормов в станок, система MultiFast также отлично подходит для производителей, которые применяют систему *ad libitum* (кормят вволю). Этот надежный саморегулируемый автомат кормления предназначен для того, чтобы добиться максимального темпа роста за оптимальные сроки. В модель, приспособленную для отъемышей и свиней на откорме, BluNox интегрировала систему поения, чтобы обеспечить питьевой водой каждый станок для стимуляции пищеварения и хорошего показателя потребления корма.

Система MultiFast управляется как в ручном режиме (слева), так и в автоматическом, подстраиваясь под любую планировку здания. Система может обеспечить подачу простого или смешанного сырья при любой системе кормопроизводства.

Молоко. Физиологические условия и автоматизация доения

Производство и переработка молока — одно из важнейших направлений животноводства. Молоко крупного рогатого скота, лошадей и других животных — ценный, полезный продукт, необходимый для нормального функционирования организма человека в любом возрасте. Молоко и другие продукты, полученные в результате обработки и переработки молока, необходимы для формирования костной ткани, восстановления структуры и составляющих крови, улучшения и поддержания нормального пищеварения человека. Молоко и молочные продукты содержат жиры, углеводы, белки, минеральные соли и различные витамины, необходимые для успешного лечения многих заболеваний печени, почек и других органов человеческого организма. Исключительно полезные качества молока и молочных продуктов, необходимость сохранения этих полезных качеств в течение длительного времени обусловили разработку, изготовление и эксплуатацию специальных машин, предназначенных для выдаивания молока, его транспортировки, переработки и хранения.

Молоко животных вырабатывается в молочных железах и выделяется через соски. В вымени коровы четыре молочные железы с сосками, в вымени

кобылы, козы, овцы — по две молочных железы с сосками. В результате физиологического процесса образованное в молочных железах коровы молоко накапливается в молочных цистернах вымени. Проведенные научные исследования показали, что машинное доение более эффективное по сравнению с ручным доением. Ручное доение животных — тяжелый физический труд, при котором внешние и физиологические условия доения не могут быть стабильными в течение длительного времени (рис. 76).

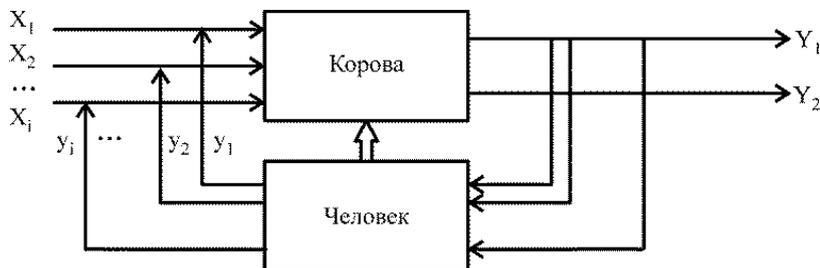


Рис. 76

Структурная схема взаимодействия человека и коровы

На рисунке 76 структурная схема взаимодействия человека при ручном доении коровы иллюстрирует, что полезные продукты Y_1 , Y_2 , производимые коровой, полностью зависят от его внимательности, трудолюбия и других качественных характеристик личности. Напротив, при машинном доении многократное доение при постоянных внешних условиях, одинаковых по длительности и качеству подготовительных процедур, у коров формируются устойчивые условные рефлексы, обеспечивающие высокую молокоотдачу. Поэтому разработка и применение специальных устройств и машин, предназначенных для доения, является постоянной целью научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проводимых учеными и специалистами.

Изучение процессов естественного выделения молока теленком и выделения молока при ручном доении позволило механизировать процесс доения коровы и других животных. В основу действия специальных рабочих инструментов, принятых для машинного доения, положены элементарные движения и действия, воспроизводящие процессы сосания теленком соска вымени коровы. Наблюдения за этим естественным процессом выявили, что сосание теленком соска вымени коровы — это процесс разрежения, образования вакуума в полости рта теленка или, при ручном доении, выжимание молока, наполнившего сосок, пальцами человека. Наиболее рациональным и эффективным способом механического доения стало создание вакуума в подсосковом объеме специального устройства, в которое помещается сосок вымени коровы.

Реализация общепринятого способа механизированного, машинного доения осуществляется доильной машиной, структура которой показана на рисунке 77.

Принцип работы, состав, конструкция доильной машины должны удовлетворять анатомо-морфологическим и физиологическим особенностям животного.

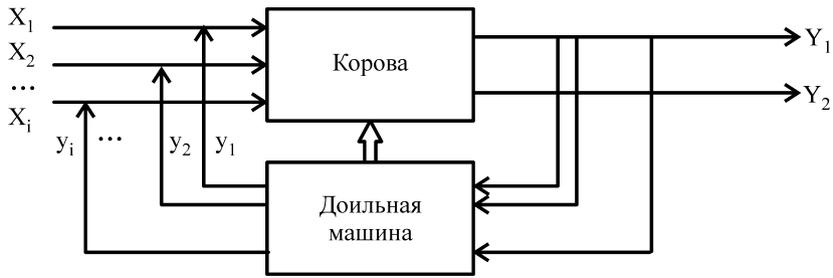


Рис. 77

Структурная схема взаимодействия машины и коровы при машинном доении

Развитие науки и техники, технологии позволило вплотную приступить к разработке роботизированных доильных установок. Известно, что применение манипуляционных роботов, выполняющих технологические операции с живыми объектами, существенным образом отличается от использования автоматов и автоматизированного оборудования в промышленности. Сегодня высокие требования к гибкости и адаптивности доильных роботов, обусловленных специфическими особенностями доения коров, удовлетворяются новыми гиперчувствительными датчиками, сенсорами, быстродействующими анализаторами, компьютерными программами.

В настоящее время на животноводческих предприятиях активно внедряются роботы, выполняющие операции подготовки коровы к доению, установки доильных стаканов, доения, обработки сосков и вымени коровы после доения.

Например, робот-дояр фирмы Де Лаваль или Лелу, является автоматизированной стационарной установкой, оснащенной специальными исполнительными органами. Эта установка — часть общей системы добровольного доения коров, которая максимально приближена к естественному, благоприятному для коров ритму жизни. При наступлении биологической необходимости доения корова самостоятельно занимает на установке место для доения, а исполнительные механизмы робота выполняют требуемые операции (рис. 78, табл. 19).

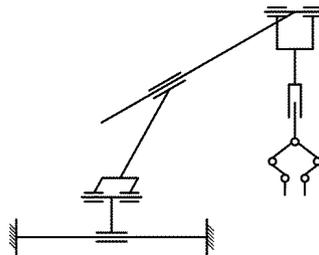


Рис. 78

Кинематическая схема манипулятора робота-дояра

В 1992 г. в Нидерландах появилось первое автоматическое доильное оборудование, или доильные роботы. Из-за высокой трудоемкости доильного процесса, постоянно повышающихся требований к качеству молока и необходимости достаточно высоко оплачивать труд операторов в этой стране возникла потреб-

ность создавать высокотехнологичное оборудование для молочных ферм. Роботы были созданы для того, чтобы намного снизить трудозатраты фермеров и дать им возможность зарабатывать за пределами хозяйства.

Таблица 19

**Основные требования к инженерному обеспечению
и технические характеристики робота**

Параметры и характеристики	Ед. изм.	Значение
Водоснабжение		
Центральное, дублируемое локальным	МПа	0,2–0,4
Давление		
Температура холодной воды	°С	5–40°
Температура горячей воды	°С	5–99°
Расход	литр/мин	16
Сжатый воздух		
Давление:		
на входе	МПа	0,65–0,78
на выходе	МПа	0,62
Диаметр пневмопровода	мм	140
Постоянное давление	цвет	голубой
Переменное давление	цвет	черный
Компрессор (Atlas Copco SF2 P8-SD6)		
Номинальное рабочее давление	МПа	0,7
Максимальное давление	МПа	0,77
Установленная мощность	кВт	2,2
Уровень шума	дБ	55
Высота	мм	600
Ширина	мм	1300
Длина	мм	1550
Масса	кг	218
Робот		
Номинальное напряжение	В	240±5%
Установленная мощность	кВт	7
Высота	мм	2370
Длина	мм	3340
Ширина	мм	2105
Манипулятор выдвигается на	мм	1980
Масса	кг	650

Сегодня автоматизированное доильное оборудование, как правило, отличается лишь возможностью обслуживать максимальное количество коров. Основными частями роботов являются:

- рука, которая осуществляет трехмерные движения;
- система очистки сосков и вымени;
- устройство, надевающее и снимающее доильные стаканы;
- весы;
- сенсорные приборы контроля;
- компьютер с установленным программным обеспечением;
- система идентификации животных.

Особенно важной составляющей является система контроля качества молока, которая определяет его важнейшие характеристики: электропроводность, цвет, кислотность, температуру, объем, скорость молокоотдачи и др. Системы некоторых производителей могут определять число соматических клеток.

Многофункциональное устройство доильного робота включает в себя лазерный сканер, сенсоры, ультразвуковые устройства, оптическую систему и другие важные и сложные устройства. Он самостоятельно подготавливает вымя к доению, присоединяет и снимает доильные стаканы, осуществляет их промывание. Первые капли молока сдаиваются отдельно. Молоко из каждой четверти проходит тест на наличие болезнетворных микробов и только потом следует в охладительный танк. В это время экран, установленный на одной из панелей робота, отображает основные характеристики продукта.

Существующее сегодня многообразие автоматических доильных систем условно делится на три группы:

- доильный бокс с одной рукой;
- система из нескольких боксов, которую обслуживает робот с одной рукой;
- система из нескольких боксов, обслуживаемая несколькими роботами.

Каждая из этих систем предназначена для конкретной цели, имеет свои достоинства и недостатки.

Производители непрерывно совершенствуют схему постановки доильного аппарата на вымя, повышают эксплуатационную надежность и стремятся снизить стоимость доильных роботов. В этом направлении достаточно хорошо разработана релятивная схема нахождения сосков, для того чтобы присоединить к ним доильные стаканы.

Согласно этой технологии, с помощью специальной камеры осуществляется одновременная регистрация вымени, определение местонахождения сосков и позиций стаканов. Ситуация находится под контролем камеры вплоть до постановки доильного аппарата на вымя. Эта универсальная система может распознавать вымя различной формы, находить соски даже у самых беспокойных животных. Кроме того, эта технология подразумевает абсолютно автоматизированное определение координат вымени при поступлении нового животного на первое доение. Немногие роботы могут похвастаться такой опцией — как правило, в этом случае требуется участие человека.

С помощью одного доильного робота можно обслуживать 60–70 коров, средняя продуктивность каждой из которых составляет до 12 тыс. кг в год. В день робот может надаивать около 2,5 т молока. Таким образом, наиболее продуктивной работа доильного робота будет тогда, когда средняя продуктивность коров составит не менее 6 тыс. т в год.

Высокое качество молока обуславливается сохранением практически естественной микрофлоры, которая обеспечивается соблюдением санитарных норм на протяжении всего процесса доения, а также отсутствием воспалений вымени и его травм. В хозяйствах, где применяют доильные роботы, отмечается более спокойная, комфортная для коров обстановка, благодаря которой растет продуктивность. Фермы, оснащенные роботами, надаивают в среднем на 10% больше, чем хозяйства с доильными залами.

По результатам исследований, роботы-дояры намного эффективнее в работе, чем традиционные доильные установки. Наиболее экономичными из установок является «Елочка», на втором месте — «Карусель». Сегодня некоторые производители разрабатывают доильные роботы, которые смогут работать на базе доильного зала «Карусель», и тем самым достигнуть еще большей эффективности и экономичности от автоматизированного доильного оборудования.

Постепенно стоимость доильных роботов снижается. Несколько лет назад одна доильная установка могла обойтись аграрию в 150 тыс. евро. Сегодня робот в зависимости от комплектации можно приобрести за 100–120 тыс. евро. Самое большое количество роботов установлено в США, штат Пенсильвания, на ферме *Mason Dixon Farm Inc.* с поголовьем 2,5 тыс., их 10 ед. Планируется покупка еще 10 доильных установок. Конечно, в американском хозяйстве применяются и индустриальные доильные залы.

В нашей стране первые доильные роботы были установлены в известном хозяйстве «Племзавод „Родина“» Вологодской области. Этот колхоз входит в число ста лучших сельскохозяйственных предприятий России по объемам производства молока и продуктивности коров. За успешное экономическое выживание и развитие в условиях социально-экономического кризиса предприятие было удостоено медали «Факел Бирмингема». Молочное животноводство — основной источник дохода «Племзавода „Родина“». В 2007 г. средняя продуктивность одной коровы здесь составляла более 8 тыс. кг.

Появление роботизированного доильного оборудования — настоящий прорыв в отечественном животноводстве и выведение его на принципиально другой, качественный уровень развития. Основная проблема в их распространении заключается в высокой стоимости, несмотря на то, что производители стараются сделать максимально оптимальным соотношение цены и качества. Тем не менее, количество роботов в России растет — сегодня их покупают даже владельцы семейных ферм, где поголовье молочного стада совсем небольшое. Доильные роботы — отличное решение одной из главных проблем отечественного животноводства — нехватки кадров.

Технические системы поения крупного рогатого скота

Известно, что вода является важнейшей, составной частью всего живого на нашей планете. Все живые организмы на две трети состоят из воды. Наличие воды в организме определяет практически все свойства животных. При этом содержание воды в виде химического соединения в организме животного зависит от вида животного, возраста, пола и т. д. Разница по содержанию воды в организме различных видов животных может быть существенной. Содержание воды в организме лошадей составляет приблизительно 55% от массы тела, крупного рогатого скота — 60%, а количество воды в организме кроликов и рыб — от 75% до 80% от массы тела. Следовательно, от своевременного поступления качественной воды в организм животного полностью зависит удовлетворительное физиологическое состояние животного, его продуктивность и другие полезные для человека свойства.

Продуктивность и здоровье животных и птицы всесторонне зависит от качественной организации снабжения животных водой на фермах и пастбищах, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям. Очевидно, что организация снабжения животноводческих предприятий является сложной инженерно-технической проблемой потому, что многие открытые водоемы легко подвергаются загрязнению, а в подземных источниках могут содержаться минеральные, концентрация и виды которых могут превышать допустимые уровни. Естественно, что при употреблении животными плохой воды снижается их продуктивность и возникают риски различных заболеваний. Организм животного находится в состоянии постоянного обмена веществ с окружающей внешней средой, в котором непременно участвует вода.

Все жизненно важные процессы в организме протекают только в водных растворах органических и неорганических веществ. Животные при голодании, но с водой, могут прожить 30–40 дней, однако при полном лишении воды они погибают через 4–8 дней.

Необходимое для организма животного количество воды поступает двумя путями — при поении животного водой и при кормлении животного, содержащейся в составе растений и других продуктов воды. Учеными и специалистами было обнаружено, что вода, поступающая в организм при поении, и вода, входящая в состав кормов, оказывают различное влияние на организм животного. Так, водная составляющая кормов оказывает благоприятное влияние на развитие молодых животных, существенно повышает продуктивность.

Значение обеспечения потребности коров в питьевой воде определяется ее ролью в протекающих в организме химических процессах. Известно, что на 1 кг сухого вещества корма корове требуется 4–6 л воды. Летом корова может выпивать до 40–50 л воды в день, высокопродуктивные же — до 70–75, а иногда до 100 л. Этим и следует руководствоваться при расчете водообеспеченности коров. Как зимой, так и летом корова должна иметь свободный доступ к питьевой воде, температура которой в зимнее время не должна опускаться ниже температуры скотного двора. Птица при сухом кормлении получает не более 10% воды от ее общей потребности; если она имеет свободный доступ к воде, то на 100 г комбикорма она потребляет 200–300 мл воды. На 1 кг сухого вещества корма лошади потребляют 2–3 л, коровы — 4–6 л, свиньи — 6–8 л, овцы — 2–3 л воды.

Потребность коров в воде зависит от их физиологического состояния и молочной продуктивности, состава кормов, содержания в них минеральных веществ, температуры и влажности окружающей среды и других факторов. На потребление воды влияет и ее температура. Поение холодной водой приводит к сокращению ее потребления, к повышению затрат тепла на ее согревание до температуры тела, что, в свою очередь, вызывает дополнительную непродуктивную затрату кормов.

Считается, что удовлетворение потребности коров в воде с переводом их на поение из автопоилок повышает удой примерно на 10% и более по сравнению с двукратным поением. Например, зимой дойные коровы пьют из автопоилок в среднем 7–10 раз в сутки, некоторые — до 15 раз; сухостойные коровы пьют реже (4–5 раз в сутки). Наиболее часто коровы пьют в первой половине

дня (после утреннего кормления) и вечером (после кормления); ночью они пьют редко.

Своевременное, оптимальное удовлетворение потребности животного в воде в настоящее время обеспечивается различными техническими, технологическими системами и машинами. На крупных животноводческих предприятиях поение крупного рогатого скота и других животных производится автоматизированными системами поения.

Системы водоснабжения животноводческих предприятий являются сложными техническими системами, в которые входят источник воды, различные водоприемные, водоподъемные, очистные, регулирующие сооружения, трубопроводы, машины и устройства электроснабжения и автоматизации.

Для сельскохозяйственных предприятий в качестве источников воды чаще всего используют подземные воды из артезианских скважин, а также воду рек, озер и каналов.

Животноводческие предприятия — фермы и комплексы — обеспечиваются водой преимущественно собственной системой водоснабжения. Поэтому в типовых проектах ферм и комплексов особое внимание обращается на суточный, часовой и секундный расходы по каждому объекту водоснабжения. Для крупных животноводческих комплексов суточные расходы воды составляют тысячи кубометров. Расчетные суточные нормы водопотребления для различных видов животных рекомендуются строительными нормами и правилами (табл. 20).

Таблица 20

Расчетные нормы водопотребления

Вид животных	Литры в сутки
Крупный рогатый скот	
Коровы	80
Быки и нетели	50
Молодняк до 2 лет	30
Телята до 6 мес.	20
Свиньи	
Хряки-производители, взрослые матки	25
Матки с приплодом	60
Молодняк старше 4 мес. и свиньи на откорме	15
Поросята-отъемыши	5
Овцы и козы	
Взрослые	10
Молодняк до 1 г.	3
Лошади	60
Птица	
Куры	1
Индейки	1
Утки	1,25
Гуси	1,25
Молодняк	0,5–0,6

К примеру, суточный расход воды для нормального функционирования животноводческого молочного комплекса на 1200 коров превышает 1400 кубометров

в сутки, дополнительно нужно организовать водоснабжение кормоцеха с расходом около 7 кубометров воды в сутки, а также вода необходима для полива зеленых насаждений и газонов комплекса. Так, максимальный часовой расход воды для комплекса с поголовьем 1200 коров — более 50 кубометров в час, для поголовья 800 голов — около 37 кубометров в час, 400 голов — более 10 кубометров в час. Свиноводческий комплекс на 108 тыс. свиней в год требует суточный расход, оцениваемый в более 4 тыс. кубометров воды.

Водоснабжение животноводческих предприятий

Накопленный опыт решения инженерно-технических задач водоснабжения животноводческих предприятий показывает, что системы водоснабжения могут быть централизованными и локальными. В водоснабжении животноводческих предприятий распространение получили локальные системы, а централизованные меньше. В состав системы водоснабжения принято включать машины, оборудование, инженерные сооружения добычи, транспортировки, улучшения качества, хранения и подачи воды потребителям.

В регионах с умеренным климатом распространена система водоснабжения животноводческих предприятий с напорной башней (рис. 79).

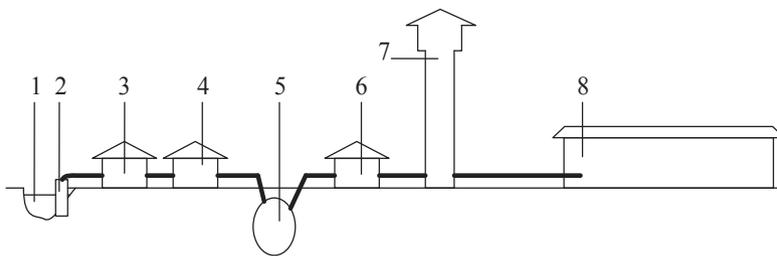


Рис. 79

Схема системы водоснабжения животноводческой фермы в регионах с умеренным климатом

На рисунке 79 приведена схема системы водоснабжения фермы с водонапорной башней и другими необходимыми сооружениями, трубы на рисунке показаны толстыми линиями. Непосредственно в поверхностном источнике воды 1 или на берегу устанавливается водозаборное устройство (сооружение) 2, конструкция которого зависит от вида источника, количества забираемой воды и от других факторов. Вода из водозаборного устройства 2 высасывается насосом насосной станции 3 и по трубе подается на очистительную станцию 4. Очищенная от различных загрязнений вода накапливается в резервуаре 5, а затем насосами насосной станции 6 закачивается в водонапорную башню 7. Из водонапорной башни 7 вода под действием давления напора поступает в водораспределительную сеть животноводческой фермы.

При использовании в качестве источника — подземные воды, схема системы водоснабжения существенно упрощается. В такой системе нет необходимости в очищении воды, так как подземные воды не загрязняются различными стоками и другими внешними загрязнителями: горюче-смазочными материалами, минеральными и органическими веществами и т. п. Современные системы водоснабжения оснащаются надежными высокопроизводительными насосами

с низким потреблением электрической энергии, поэтому исчезает необходимость в устройстве водонапорных башен.

В данном разделе не рассматривается устройство инженерных сооружений и оборудование, необходимые для добычи воды из различных источников, так как специфические требования к ним выходят за рамки области сельскохозяйственных машин. В соответствии с действующим законодательством все поверхностные и подземные источники воды и устроенные на водопроводах инженерно-технические сооружения контролируются органами санитарной охраны.

Для подачи воды потребителям строятся водопроводы, которые по своему назначению и устройству называются подводящими и разводящими, внешними и внутренними, тупиковыми и кольцевыми. Сегодня для строительства внутренних водопроводов применяют медные, стальные, металлопластиковые, пластиковые трубы. Как правило, медные трубы не имеют широкого применения из-за своей стоимости и высокой разницы электрохимических потенциалов меди и стали. Наиболее распространены стальные, металлопластиковые, пластиковые трубы.

Проектирование и реконструкция водопроводных систем животноводческих помещений осуществляется в соответствии с нормативными указаниями и рекомендациями. Например, проектирование и реконструкция водопровода коровников необходимо осуществлять по нормам технологического проектирования ферм крупного рогатого скота крестьянских хозяйств (НТП-АПК 1.10.01.001-00). В свою очередь, эти нормы разработаны на основе общих нормативных и регламентирующих документов, в частности, применительно к водопроводам — свод правил СП 30.13330.2012 «Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*». Данный свод правил распространяется на проектирование и реконструкцию внутренних систем холодного и горячего водоснабжения, канализации и водостоков зданий и сооружений различного назначения высотой до 75 м.

Насосные станции и насосы

В системе водоснабжения животноводческих предприятий ответственными звеньями являются насос и насосные станции, машины, создающие напор в водопроводной сети хозяйств. Насосные станции — это здания или помещения, в которых расположены насосные агрегаты, соединяющие их трубопроводы, арматура, силовое электрооборудование, контрольно-измерительные приборы, грузоподъемное и вспомогательное оборудование, обеспечивающие нормальную работу насосных агрегатов, их ремонт или замену. Насосные станции являются наиболее ответственными сооружениями в системах водоснабжения и водоотведения.

Насосные станции классифицируют по назначению, по требуемой надежности действия, по расположению машинного зала относительно уровня земли, по степени автоматизации и т. д.

Насосные станции по техническому назначению различаются на станции первого подъема и станции второго подъема. Станции первого подъема предназначены для забора воды из источников и подачи ее на очистку или сборные ре-

зервуары. Подача воды непосредственно в водопроводную сеть животноводческого предприятия осуществляется насосами второго подъема.

По надежности действия водопроводные насосные станции согласно нормам подразделяют на три категории. Станциями первой категории являются станции, перерыв в работе которых недопустим, так как это может привести к значительному материальному ущербу (повреждению технологического оборудования, расстройству сложного технологического процесса и т. д.). К такой категории относятся станции противопожарных водопроводов, а также объединенных хозяйственно-противопожарных или производственно-противопожарных водопроводов. Станции второй категории допускают перерыв в подаче воды, но обслуживающий персонал должен успеть включить резервные агрегаты. Это станции, имеющие в системе водоснабжения емкость с необходимым противопожарным запасом воды и обеспеченным расчетным напором, а также населенных пунктов с числом жителей более 3000 человек при расходе воды на наружное пожаротушение 20 л/с. Станции третьей категории могут не работать не более 24 ч для ликвидации возникшей аварии.

К третьей категории по надежности относят насосные станции хозяйственно-противопожарных водопроводов и населенных пунктов с числом жителей менее 3000 человек при расходе воды на пожаротушение до 20 л/с, а также насосные станции, подающие воду на орошение, поливочные нужды, во вспомогательные цехи промышленных предприятий и т. п.

В настоящее время для водоснабжения животноводческих ферм широко применяются скважинные насосы типа ЭЦВ. Насос ЭЦВ представляет собой агрегат, состоящий из центробежного многоступенчатого насоса и погружного электродвигателя с жестким соединением валов, с закрытым лопастным колесом одностороннего входа. Материал проточной части насоса ЭЦВ — чугун, стеклонаполненный полиамид, нержавеющая сталь. Ступени насосов радиального и полуосевого типов. Подшипники насоса и электродвигателя смазываются и охлаждаются водой. Для примера: насос марки ЭЦВ 6-4-190 подает 4 кубометра воды в час с напором в 190 м. Насос массой 95 кг имеет длину 2000 мм, диаметр 145 мм, мощность 4,5 кВт.

Для водоснабжения ферм часто используются автоматические насосные установки, оборудованные пневматической автоматической установкой ВУ-5-30, которая обладает производительностью 5 кубометров в час и напором 30 м. Принцип действия такой автоматической системы следующий. При разборе воды на ферме давление в сети падает. Когда давление в сети упадет до нижнего предела, на который отрегулировано реле давления, насос включается и работает до того момента, пока давление воздуха в воздушно-водяном котле не достигнет верхнего предела, на который также отрегулировано реле давления.

Системы водоснабжения и водоотведения (канализации) животноводческих предприятий должны рассматриваться как поточные технологические линии получения, накопления, хранения, очистки, транспортирования воды в животноводческие помещения для поения животных и для выполнения других процессов. Структурно такая система может быть представлена в виде следующей схемы (рис. 80).

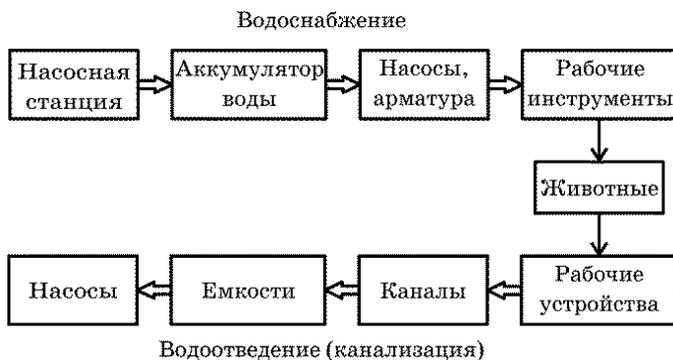


Рис. 80

Принципиальная структура водоснабжения и водоотведения
животноводческого предприятия

Конечным звеном системы водоснабжения животноводческого предприятия являются технические устройства, предназначенные для поения животных, а также для выполнения других технологических операций санитарного, гигиенического ухода и содержания.

Индивидуальное и групповое поение животных

В системах технологического оборудования поения животных наибольшим разнообразием отличаются конструкции поилок. Эти рабочие инструменты, элементы технических средств непосредственно контактируют с животными, поэтому должны соответствовать анатомо-физиологическим особенностям животных.

Для поения животных на предприятиях используют индивидуальные и групповые поилки различных конструкций.

Конструкции поилок по принципу действия делятся на педально-клапанные, вакуумные, поплавково-клапанные и сосковые, по характеру использования — стационарные и передвижные.

Наиболее распространены индивидуальные поилки чашечной конструкции (рис. 81). Эта чашечная поилка, подключенная к системе водоснабжения, состоит из чаши для воды, педали и специального клапанного устройства. На рисунке показано, что при надавливании коровой педаль (серая стрелка) шток клапанного устройства перемещается и открывает канал для поступления воды (стрелки белого цвета) в чашу поилки. Подача воды в чашу прекращается, как только корова напьется и перестанет воздействовать на педаль.

При привязном содержании крупного рогатого скота одна автопоилка устанавливается на два смежных стойла.

Для поения скота при беспривязном содержании, на выгульных площадках применяют групповые поилки клапанно-поплавкового типа или других конструкций. Особенностью групповых поилок является наличие емкостей с водой, которые соединены с корытами. Поступление воды в корыта их емкости производится при открытом клапане, когда поплавок, размещенный в поплавковом устройстве, опускается при потреблении воды животными. Корыта и поплавковое устройство соединены между собой как сообщающиеся сосуды, поэтому при прекращении расхода в одном из корыт уровень воды повышается и клапан

закрывает поступление воды в это корыто. Между корытами устанавливаются специальные клапаны, которые отсекают переливание воды из одного корыта в другое, тем самым устраняя возможность передачи инфекции от одного животного к другому. Одновременно из одной поилки может пить воду небольшая группа животных.

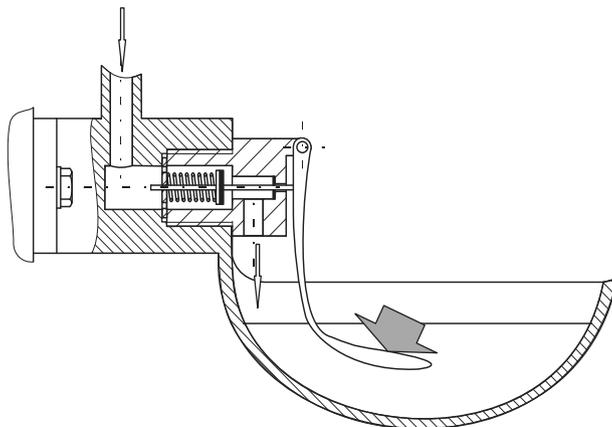


Рис. 81

Упрощенный эскиз конструкции индивидуальной поилки для коровы

Широко используются вакуумные поилки для индивидуального и группового поения животных. Основная конструктивная особенность поилок такого типа — герметичная емкость, из которой вода через питающее отверстие в емкости или свободный конец трубы, располагающиеся в поилке обязательно ниже верхнего края поилки, поступает в чаши или корыта. Потребление животным воды снижает уровень воды в поилке ниже питающего отверстия емкости или трубы. Тогда вода из емкости в результате поступления воздуха начинает выливаться из емкости в чашу или корыто. Наполнение чаши или корыта поилки происходит до момента закрытия отверстия водой.

Новые материалы и технические средства позволяют разрабатывать новые эффективные и энергосберегающие конструкции различных устройств оптимального поения животных. В последние годы разработаны и внедрены в производство сосковые, вакуумные, ниппельные поилки для мелкого рогатого скота, свиней, кроликов, птиц разных видов и других животных.

В зависимости от возраста и потребностей животных, промышленные предприятия выпускают специальное оборудование для поения животных. Например поилки для телят крупного рогатого скота. Поилка, предназначенная для молодняка, включает специальные транспондеры, которые крепятся на шею каждого теленка. С их помощью происходит автоматическая идентификация животных, благодаря которой молоко подается в соответствии со скоростью сосания и индивидуальными потребностями каждого теленка. Подготовка и последующий подогрев смеси до необходимой температуры так же производится в автоматическом режиме. Оборудование и соски после кормлений подвергаются дезинфекции и обработке.

Индивидуальные поилки для коров учитывают объем питья с количеством производимого каждым животным молока, так как на один литр надоя приходится 5 л выпитой воды. Данная система предусматривает поилки с подогревом и позволяет животным получать питье необходимой температуры независимо от времени года.

Промышленностью выпускаются поилки групповые обогреваемые с автоматическим отключением, выполненные из пластика или оцинковки, предназначенные для поения крупного рогатого скота и телят в неотопливаемых животноводческих помещениях при беспривязном содержании, а также на открытых площадках. Вода в поилке не замерзает при отрицательных температурах в помещении. Поилки оборудуются поплавковыми регуляторами уровня воды, вода в поилке пополняется по мере того как животные ее расходуют. Групповые поилки отличаются простой и прочной конструкцией, фиксируемым уровнем воды, наличием специального механизма опрокидывания, упрощающим процесс обслуживания поилки, а также в любое время обеспечивают животных свежей и чистой водой. Данный вид включает также вакуумные поилки. Так называемая поилка вакуумная представляет собой предварительно заполненную водой перевернутую емкость, из которой вода подается в необходимом каждому животному количестве.

Технические характеристики групповых поилок для крупного рогатого скота могут быть следующими: длина от 1 до 3 м, объем 100–300 л, высота 0,8–1 м. Для изготовления обычно выбирается нержавеющая сталь толщиной не менее 2 мм. Подогрев воды производится установленными термоэлектрическими нагревателями.

Современные поилки оснащаются системами подогрева воды с автоматическим регулированием температуры. Горячая и теплая вода применяется для приготовления кормов, поения, машинного доения коров, дезинфекции и мойки животных, дезинфекции доильного и молочного оборудования и качественного выполнения других технологических процессов. Для нагрева воды до необходимой температуры применяют проточные водонагреватели или водонагреватели-термосы с порционным нагревом воды.

Наибольшее распространение на фермах и комплексах получили электрические и паровые водонагреватели. Электрические нагреватели воды проточного типа нагревают и автоматически поддерживают температуру воды в пределах от 20 до 95°C. Электрические автоматические водонагреватели — термосы типа ВЭТ применяют при доении коров и приготовления кормов. Потребляемая электрическая мощность таких нагревателей — в пределах от 3 до 10 кВт, в зависимости от объема нагреваемой порции воды. Газификация населенных пунктов в сельской местности обуславливает широкое применение газовых водонагревателей для получения горячей воды, используемой на технологические нужды.

Контрольные вопросы и задания по разделу 4.2

1. Перечислите основные преимущества автоматизации кормления животных.

2. Какие автоматические устройства служат для идентификации животного?
3. Укажите основные устройства автоматического кормления животных.
4. Укажите значение воды для организма животного.
5. Перечислите основные источники воды для водоснабжения животноводческих предприятий.
6. Составьте схему конструкции автоматической поилки вакуумного типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие : учеб. пособие для высш. учеб. заведений / В. И. Балабанов, А. И. Беленков, Е. В. Березовский [и др.]. — М. : Центр точного земледелия МГАУ-РГСХА им. К. А. Тимирязева, 2013.
2. Модульные зерноуборочные агрегаты на базе универсальных энергетических средств / А. И. Бурьянов, А. И. Дмитренко, Ю. О. Горячев [и др.] // Вестник аграрной науки Дона. — 2016. — № 3 (35). — С. 14–30.
3. *Бурьянов, А. И.* Несущие и технологические системы для построения сельскохозяйственных агрегатов / А. И. Бурьянов, А. И. Дмитренко, Ю. О. Горячев // Тракторы и сельхозмашины. — 2017. — № 5. — С. 19–31.
4. *Бурьянов, А. И.* Современные тенденции развития мобильных энергетических средств для села / А. И. Бурьянов, А. И. Дмитренко // Техника и оборудование для села. — 2015. — № 6 (216). — С. 8–13.
5. *Гордеев, В. В.* Тенденции развития технологий и технических средств производства молока / В. В. Гордеев, В. Е. Хазанов, А. К. Мороз // Вестник ВНИИМЖ. — 2012. — № 3. — С. 21–26. — (Серия «Механизация, автоматизация и машинные технологии в животноводстве»).
6. *Дроздов, В. Б.* Совершенствование поршневых агрегатов гидропривода в тракторах и сельскохозяйственных машинах. — 2-е изд. — Екатеринбург : Уральское аграрное издательство, 2017. — 420 с.
7. *Иванов, Ю. А.* Направления научных исследований по созданию инновационной техники с интеллектуальными системами для животноводства // Вестник ВНИИМЖ. — 2014. — № 3. — С. 4–16. — (Серия «Механизация, автоматизация и машинные технологии в животноводстве»).
8. *Карабаницкий, А. П.* Комплектование энергосберегающих машинно-тракторных агрегатов : учеб. пособие / А. П. Карабаницкий, М. И. Чеботарев. — Краснодар : КубГАУ, 2012. — 97 с.
9. Комбайн кормоуборочный самоходный РСМ-100 «Дон-680М» : Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию / ООО «КЗ „Ростсельмаш“». — Ростов-на-Дону.
10. *Костюченков, Н. В.* Эксплуатационные свойства мобильных агрегатов : учеб. пособие / Н. В. Костюченков, А. М. Плаксин ; под ред. А. М. Плаксина. — Астана : КАТУ им. С. Сейфуллина, 2010. — 204 с.
11. *Ларюшин, Н. П.* Сельскохозяйственные машины : учеб. пособие. — Пенза : РИО ПГСХА, 2012. — 300 с. — Раздел «Зерноуборочные комбайны». Комбайн «ACROS». — URL: <http://www.docme/999928/371/selskohozyajstvennyemashiny>.
12. Технические средства уборки зерновых культур (зерноуборочные комбайны КЗС-7 «ПАЛЕССЕ GS07» и КЗС-1218 «ПАЛЕССЕ GS12») : учеб. пособие / А. П. Ловчиков, К. Т. Мамбеталин, Р. А. Салыхов [и др.]. — Челябинск : ЧГАА, 2015. — 72 с.
13. *Морозов, Н. М.* Методические положения разработки системы машин и технологий для животноводства // Вестник ВНИИМЖ. — 2012. — № 1. —

С. 64–69. — (Серия «Механизация, автоматизация и машинные технологии в животноводстве»).

14. *Морозов, Н. М.* Организационно-экономические и технологические основы механизации и автоматизации животноводства. — М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. — 284 с.

15. *Ожерельев, В. Н.* Сельскохозяйственные машины. Зерноуборочная техника. — Брянск, 2007.

16. *Панов, И. М.* Физические основы механики почв / И. М. Панов, В. И. Ветехин. — Киев : Феникс, 2008. — 266 с.

17. *Плаксин, А. М.* Энергетика машинно-тракторных агрегатов. — Челябинск : ЧГАУ, 2005. — 215 с.

18. *Речкин, С. В.* Гидравлические системы мобильных машин : учеб. пособие / С. В. Речкин, С. П. Матяш // Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т. — Новосибирск, 2005. — 92 с.

19. *Руденко, Н. Е.* Механизация обработки почвы : учеб. пособие. — Ставрополь : Ст ГАУ «АГРУС», 2005. — 112 с.

20. *Рунов, Б. А.* Применение робототехнических систем в АПК // Сельскохозяйственные машины и технологии. — 2016. — № 2. — С. 44–47.

21. *Савченко, О. Ф.* Применение информационных технологий в инженерно-технической системе АПК / О. Ф. Савченко, А. В. Шинделов // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. — 2013. — № 4. — С. 99–104.

22. *Селиванов, Н. И.* Технологические основы адаптации тракторов. — Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2012. — 259 с.

23. *Сератинас, Б. Б.* Глобальные системы позиционирования : учеб. изд. — М. : ИКФ «Каталог», 2002. — 106 с.

24. Сельскохозяйственные машины (конструкция, теория и расчет) / Е. И. Трубилин, В. А. Абликов [и др.]. — Краснодар : Краснодарский ГАУ, 2008. — 200 с.

25. *Трухачев, В. И.* Технологии и технические средства в животноводстве / В. И. Трухачев, И. В. Капустин, О. Г. Ангилеев [и др.]. — Ставрополь : Изд-во Ставропольского ГАУ «АГРУС», 2005. — 304 с.

26. *Халанский, В. М.* Сельскохозяйственные машины / В. М. Халанский, И. В. Горбачев. — М. : КолосС, 2004. — 624 с.

27. *Щеголихина, Т. А.* Современные технологии и оборудование для систем точного земледелия : научн.-аналит. обзор / Т. А. Щеголихина, В. Я. Гольдяпин. — М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. — 80 с.

28. *Щитов, С. В.* Повышение производительности колесных тракторов путем модернизации их ходовой системы / С. В. Щитов, Е. Е. Кузнецов, Е. С. Поликутина // Техника и оборудование для села. — 2015. — № 6 (216). — С. 18–21.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
Глава 1. Сельскохозяйственные производственные процессы и энергетические устройства	4
1.1. Процессы производства сельскохозяйственной продукции.....	4
1.2. Совершенствование технических систем преобразования энергии при производстве сельскохозяйственной продукции	9
1.3. Автоматическое регулирование и управление.....	25
Глава 2. Машинно-тракторные агрегаты	32
2.1. Трактор — автономный источник энергии в составе машинно-тракторного агрегата.....	32
2.2. Гидравлические системы сельскохозяйственных машин.....	43
2.3. Назначение, классификация и комплектование машинно-тракторных агрегатов	60
Глава 3. Основы устройства многофункциональных, универсальных энергетических и технологических средств в растениеводстве.....	73
3.1. Несущие системы составных сельскохозяйственных агрегатов.....	73
3.2. Бортовая информационно-управляющая система (БИУС).....	88
3.3. Специальные технологии земледелия.....	91
Глава 4. Технологические системы и комплексы в животноводстве	100
4.1. Продукция животноводства и организация технологических процессов в животноводстве.....	100
4.2. Автоматизированные системы в технологических процессах животноводства	107
Список литературы	134

*Владимир Петрович ГУЛЯЕВ,
Татьяна Федоровна ГАВРИЛЬЕВА*
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МАШИНЫ
Учебное пособие

Зав. редакцией
инженерно-технической литературы *Е. В. Баженова*
Ответственный редактор *Т. С. Спирина*
Подготовка макета *Д. А. Вакулова*
Корректор *А. В. Попова*
Выпускающий *О. В. Шилкова*

ЛР № 065466 от 21.10.97
Гигиенический сертификат 78.01.10.953.П.1028
от 14.04.2016 г., выдан ЦГСЭН в СПб

Издательство «ЛАНЬ»
lan@lanbook.ru; www.lanbook.com
196105, Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, д. 1, лит. А
Тел./факс: (812) 336-25-09, 412-92-72
Бесплатный звонок по России: 8-800-700-40-71

Подписано в печать 11.03.20.
Бумага офсетная. Гарнитура Школьная. Формат 70×100 ¹/₁₆.
Печать офсетная. Усл. п. л. 11,38. Тираж 100 экз.

Заказ № 197-20.

Отпечатано в полном соответствии с качеством
предоставленного оригинал-макета в АО «Т8 Издательские Технологии».
109316, г. Москва, Волгоградский пр., д. 42, к. 5.