

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	6
ВВЕДЕНИЕ	7
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ, УСТРОЙСТВО И РАСЧЕТ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ	8
1.1. Классификация строительных машин.....	8
1.2. Структурная схема средств механизации строительства	8
1.3. Производительность строительных машин.....	12
1.4. Применение цифровых технологий в средствах механизации строительства	13
1.4.1. Базы данных в области средств механизации строительства.....	13
1.4.2. Применение искусственного интеллекта в строительном машиностроении	13
1.4.3. Цифровые двойники в строительстве	14
1.4.4. Роботы и БПЛА в строительной отрасли.....	14
1.4.5. Аддитивные технологии в строительстве	16
2. ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ	19
2.1. Грузоподъемные машины	19
2.2. Строительные краны.....	21
2.3. Стреловые краны	23
2.4. Башенные краны.....	26
2.5. Другие краны: самоходные автомобильные и краны-трубоукладчики	31
2.5.1. Краны самоходные автомобильные	31
2.5.2. Краны-трубоукладчики	32
2.6. Краны пролетного типа: мостовые, козловые и кабельные краны	33
2.7. Машины непрерывного транспорта.....	36
2.8. Погрузочно-разгрузочные машины.....	42
3. МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ, БУРОВЫХ И СВАЙНЫХ РАБОТ.....	44
3.1. Машины для подготовительных и вспомогательных работ	44
3.2. Автомобильный транспорт.....	46
3.3. Землеройные машины	48
3.3.1. Одноковшовые экскаваторы.....	48
3.3.2. Траншейные экскаваторы	50

3.4. Землеройно-транспортные машины (ЗТМ).....	51
3.4.1. Бульдозеры.....	52
3.4.2. Скрепер.....	53
3.4.3. Грейдер.....	54
3.5. Машины для буровых и свайных работ.....	55
4. МАШИНЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ, ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ И ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ.....	58
4.1. Машины для производства бетонных работ.....	58
4.1.1. Основные виды строительных составов.....	58
4.1.2. Смесительные машины: классификация, главный и основные параметры.....	58
4.1.3. Основы теории рабочих процессов и рационального выбора режима работы.....	60
4.2. Машины для производства гидроизоляционных работ.....	62
4.3. Машины для производства отделочных работ.....	63
5. РУЧНЫЕ МАШИНЫ ИЛИ МЕХАНИЗИРОВАННЫЙ ИНСТРУМЕНТ.....	64
Заключение.....	66
Библиографический список.....	67

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие (УП) является руководством для успешного освоения ряда дисциплин, связанных со средствами механизации строительства, по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства и направлению подготовки 08.03.01 Строительство. Материал этого УП может использоваться при изучении таких дисциплин, как: «Теория и проектирование подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования» (23.05.01); «Грузоподъемные машины и оборудование» (23.05.01); «Средства механизации строительства» (08.03.01); «Строительные машины и механизмы» (08.03.01); «Строительные машины и оборудование» (08.03.01).

Строительство неразрывно связано с использованием большой группы машин, механического оборудования и механизмов средств малой механизации. Выпускник строительного вуза должен иметь представление о функциональных возможностях, применяемых на современной строительной площадке машинах, механизмах и оборудования в целом.

Представление об изучаемых средствах механизации строительства дает приводимая в пособии их классификация и далее по каждому классу машин их назначение и основные параметры. Также в УП представлены некоторые применяемые в строительной отрасли современные средства механизации для осуществления цифровых технологий на строительной площадке.

Освоение группы дисциплин, связанных со средствами механизации строительства, поможет изучению других дисциплин, имеющих отношение, например, к ТИМ/ВИМ-технологиям, основам организации строительного производства и другим.

В библиографическом списке приведены ГОСТы, соблюдение которых позволяет на практике избежать многих проблем. Здесь можно заметить, что в настоящее время ГОСТ не является нормативно-правовым актом, но его на добровольной основе придерживается большинство производителей строительных машин.

ВВЕДЕНИЕ

Современному человеку понятно, что ни одна стройка не может обойтись без машин и механизмов самого разного назначения, которые должны обеспечивать выполнение многочисленных строительных работ в соответствии с технологическим процессом строительства.

Строительство включает в себя комплекс организационно-технологических процессов, состоящих из многих этапов, изучаемых в соответствующих учебных дисциплинах. Здесь же отметим, что на всех этапах современного строительного производства, в самом широком его понимании, применяются машины и механизмы.

Дисциплины «Средства механизации строительства», «Теория и проектирование подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования», «Грузоподъемные машины и оборудование», «Строительные машины и механизмы», «Строительные машины и оборудование», «Средства механизации для возведения высотных и большепролетных зданий», «Средства механизации в подземном строительстве», «Строительные машины в гидротехническом строительстве», «Оборудование для трехмерной печати строительных объектов» направлены на ознакомление будущих участников строительного производства с видами, назначением и с основными параметрами строительных машин и механизмов. Это даст возможность осознанно выбирать необходимые средства механизации (комплект или комплекс машин) для конкретных условий строительной площадки или для производства строительных материалов, изделий и конструкций.

Комплект (комплекс) строительных машин (СМ) — совокупность взаимосвязанных СМ с учетом резервной техники, согласованная по видам реализуемых технологических (рабочих) операций, их производительности и ряду других характеристик, обеспечивающих возможность комплексного выполнения конкретного строительного-технологического процесса (СТП).

С помощью современных средств механизации осуществляется *комплексная механизация строительства*.

С конца XX в. в строительной отрасли стала развиваться технология печати домов с помощью 3D-принтера по 3D-модели. В XXI в. появились и постепенно стали внедряться цифровые технологии: ТИМ/ВИМ-технологии; цифровые двойники машин, строительного объекта и предприятий строительной индустрии; умный склад; аддитивные технологии, другие составляющие цифровых технологий. Сейчас они развиваются в промышленном и гражданском строительстве. Также на строительной площадке все чаще стали применять роботов разного назначения, технологии, связанные с беспилотными летательными аппаратами. Если говорить о перечисленных выше учебных дисциплинах, то необходимо сообщать обучающимся о тех машинах, механизмах и оборудовании, которые применимы в осуществлении передовых (часто цифровых) технологий.

Можно заметить, что методически очень продуктивна иллюстрация излагаемого материала короткими нарезками видео. Также полезно во время аудиторных занятий спрашивать мнение обучающихся о достоинствах и недостатках конкретной рассматриваемой техники или о возможном расширении ее применения в СТП.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ, УСТРОЙСТВО И РАСЧЕТ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Раздел готовит обучающихся к знакомству с назначением, основными параметрами и рабочим процессом средств механизации строительства. Даются общие представления (определения), уточненные в дальнейшем применительно к конкретному классу строительных машин. На аудиторных занятиях по каждому определению следует приводить примеры и отмечать присущие им особенности.

1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Классификация строительных машин позволяет в какой-то мере ориентироваться во всем многообразии средств механизации строительства.

Действующий на 2023 г. ГОСТ ISO/TR 12603-2014 [1] классифицирует машины и оборудование, используемые в строительной отрасли, в виде трех иерархических уровней и девяти групп и подгрупп. Здесь приведена *классификация строительных машин*, принятая в строительной практике и в действующих учебниках, например [2]:

- строительно-дорожные машины (СДМ);
- горные машины;
- машины и оборудование стройиндустрии;
- автотракторный транспорт;
- коммунальные машины.

Каждый из перечисленных классов техники также имеет свою классификацию. За основу классификации СМ принимают обычно обобщенную классификацию по виду выполняемых работ (назначению), включающую следующие *подклассы СМ*:

- машины для земляных работ;
- подъемно-транспортные машины;
- машины для буровых работ;
- машины для свайных работ;
- машины для бетонных и железобетонных работ;
- машины для отделочных работ;
- дорожные машины;
- ручные машины (механизированный инструмент);
- средства автотракторного транспорта;
- машины и оборудование дробления и сортировки каменных материалов.

Индексация СМ включает в себя буквенно-цифровые обозначения. Начальные буквы индексации определяют подкласс или группу СМ, цифровая часть — значение главного параметра, а последующая буквенная часть, при ее наличии, очередную модернизацию модели (А, Б, В, Г, ...) и основные климатические исполнения (ХЛ — для холодного климата, Т — для тропического климата, ТВ — для тропического влажного климата и так далее) [3].

1.2. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Строительные машины, несмотря на их разнообразие, во многих отношениях могут иметь общую структурную и функциональную схему.

Структурная схема — это схема, определяющая основные части строения системы и их взаимодействие. Используется на этапе общего представления об изучаемой системе.

Функциональная схема отражает функциональные связи между основными частями системы с описанием соответствующих им математических зависимостей.

В структурную схему СМ входят: привод, трансмиссия, рабочее оборудование, система управления (СУ), ходовое устройство (для мобильных машин) и рама (рис. 1.1).

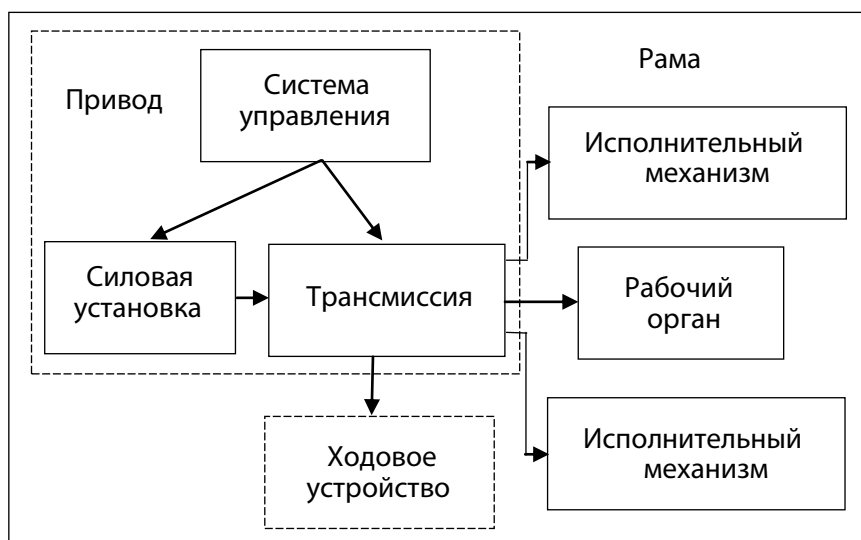


Рис. 1.1. Структурная схема строительной машины

Привод состоит из силовой установки (двигатель), трансмиссии и системы управления. Он служит для передачи энергии исполнительным механизмам. В общем случае передача энергии происходит посредством трансмиссии, а в специальных механизмах может передаваться непосредственно от двигателя, например, безредукторный привод кабины лифта.

Двигатель или *силовая установка* — энергетическая машина, преобразующая любой вид энергии в механическую работу. В качестве двигателя в СМ чаще всего применяют электродвигатель или двигатель внутреннего сгорания (ДВС) — дизельный или карбюраторный.

В качестве электродвигателей обычно применяют асинхронные трехфазные двигатели с основными параметрами: мощность, частота вращения и механическая характеристика — зависимость частоты вращения вала двигателя n от крутящего момента на его валу M (рис. 1.2).

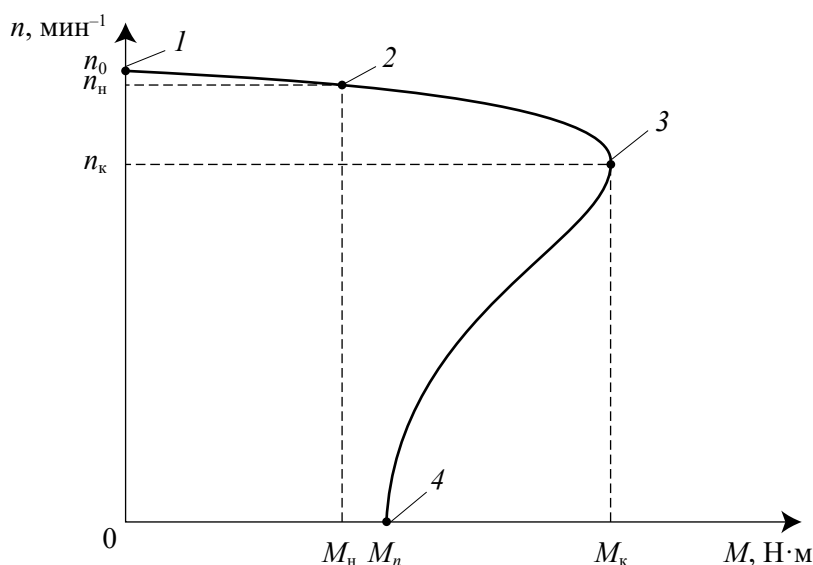


Рис. 1.2. Механическая характеристика асинхронного электродвигателя:
 1 — холостой ход; 2 — номинальные частота и момент;
 3 — критическое значение частоты и момента; 4 — пусковой момент

Характеристикой ДВС называется зависимость основных показателей его работы (мощности N_e , вращающего момента на выходном валу M_e , расхода топлива g) от одного из параметров режима работы (частоты вращения коленчатого вала n , внешней нагрузки и т.п.) (рис. 1.3).

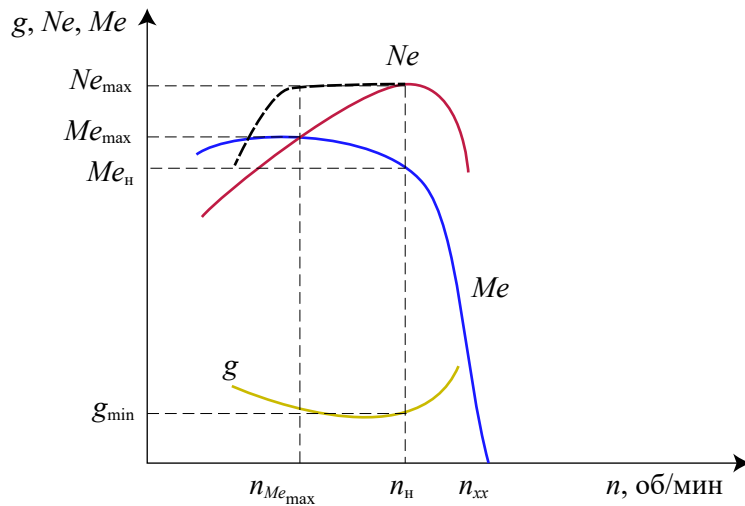


Рис. 1.3. Эксплуатационные характеристики ДВС

Трансмиссия — устройство, передающее движение от силовой установки к рабочему оборудованию или исполнительному механизму. В качестве трансмиссии может быть любой передаточный механизм, основными параметрами которого являются передаточное отношение i и КПД η . Их можно определить из выражений: $i = n_1/n_2$ и $\eta = N_2/N_1$, где n_1, n_2 — частота вращения валов на входе и выходе трансмиссии; N_2 и N_1 — мощность на выходе и на входе трансмиссии.

Трансмиссии бывают механические (рис. 1.4), электрические, гидравлические, пневматические и комбинированные (рис. 1.5). Современные СМ чаще всего имеют гидравлический привод, что объясняется высокой удельной мощностью, более простым бесступенчатым регулированием скорости, высоким быстродействием и многими другими достоинствами по сравнению с механическим приводом. При механической трансмиссии применяют передаточный механизм в виде коробки перемены передач (КПП) — редуктора с возможностью изменения скорости вращения и крутящего момента.



Рис. 1.4. Пример сложной механической трансмиссии

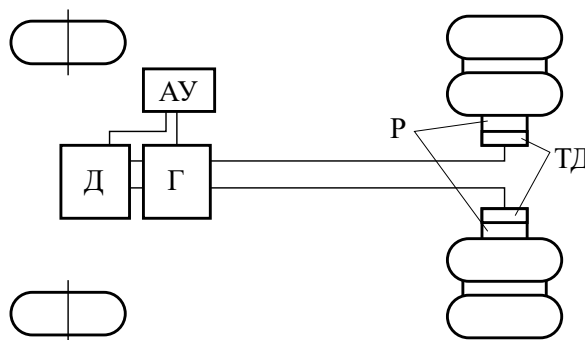


Рис. 1.5. Пример электромеханической трансмиссии:
 Д — двигатель; Г — генератор; АУ — аппараты управления;
 Р — регулятор; ТД — тяговый двигатель

Система управления — комплекс устройств управления, обеспечивающий функционирование СМ в соответствии с назначением и показателями качества.

Основными характеристиками системы управления являются показатели устойчивости ее работы (коэффициент устойчивости) и качества (точность и скорость управления).

Существуют адаптивные системы автоматизированного управления, которые предназначены для работы в неизвестных или изменяющихся во времени условиях, что часто характерно для СМ, особенно циклического действия [5].

Рабочее оборудование строительных машин — это совокупность механизмов, участвующих в непосредственном осуществлении рабочего процесса. К рабочему оборудованию относятся рабочий орган, его привод, механизмы крепления рабочего органа к станине (раме) машины.

Рабочие средства (оборудование) технологического назначения делятся на группы по аналогии с классификацией СМ: грузоподъемные, погрузочно-разгрузочные, для земляных работ, уплотнения, дробления, сортировки, дробильно-буровые и другие.

Рабочими органами СМ являются элемент конструкции или механизм, непосредственно взаимодействующие с объектом (средой) обработки.

Размеры рабочих органов — одни из основных, а иногда и главные параметры СМ, например, вместимость ковшовых рабочих органов (объем) часто является основным параметром всей машины (одноковшовые экскаваторы, скреперы и др.).

Ходовое устройство в составе ходовой части и привода хода обеспечивает возможность движения машины за счет взаимодействия ходового устройства с основанием. Мобильные машины имеют движитель — устройство, сообщаящее машине движение и передающее на грунт силу тяжести машины. Например, для гусеничных машин движитель — это гусеницы, а для колесных машин — колеса.

Машины, оснащенные приводом хода, называются самоходными или мобильными. Используемые в них эластичные амортизаторы обеспечивают возможность реализации высоких скоростей (до 60–80 км/ч при необходимой плавности движения). Машины, не имеющие привода хода, но имеющие, например, колеса, называются передвижными.

Часто мобильная СМ состоит из самоходного шасси, являющегося мобильной энергосиловой установкой, и рабочего (технологического) оборудования.

Самоходные шасси (СШ) как базовые машины включают в себя несущую опорную конструкцию — само шасси, называемое рамой или остовом, с ходовой частью, приводом передвижения (хода), системой рулевого управления.

В СМ в качестве базовых машин (самоходных шасси) используют промышленные трактора и тягачи, автомобили, а также специальные шасси, в основном пневмоколесные, гусеничные, рельсо-колесные, реже шагающие и другие.

Дополнительно к указанным выше характеристикам ходового оборудования СШ, как и мобильные машины, еще характеризуют:

- диапазон рабочих и транспортных скоростей передвижения;
- нагрузка на ведущий мост (G) (для пневмоколесных СШ) и грузоподъемность (g);
- мощность установленного двигателя и массу СШ;
- крутизна трассы $i = \operatorname{tg} \alpha$, где α — угол ее подъема или уклона;
- проходимость (способность преодолевать неровности местности с продольным и поперечным уклонами);
- обобщенные (в целом для СШ) значения коэффициентов сопротивления передвижению f и сцепления φ ;
- маневренность (способность разворачиваться в стесненных условиях с минимальным радиусом поворота);
- вместимость топливного бака;
- геометрические параметры шасси (база, колея, дорожный просвет, габаритные размеры);
- масса.

Важнейшими характеристиками самоходных шасси являются устойчивость от опрокидывания и плавность хода.

Для всех самоходных машин существует такой важный параметр, как *тяговая способность*, которая определяется по мощности двигателя, чтобы он не заглох при выполнении требуемой работы, и по сцеплению с основанием, по которому перемещается машина, чтобы она не буксовала.

Рамы строительных машин служат базой для крепления на них всего оборудования, например, рабочего, и механизмов. Рамы многих СМ являются опорой для опорно-поворотного круга и поворотной платформы, необходимой для поворота рабочего оборудования (обычно в горизонтальной плоскости).

1.3. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Производительность машины — это количество продукции, производимой ею в единицу времени при выполнении рабочего процесса.

Различают три категории производительности: конструктивную (теоретическую), техническую и эксплуатационную.

Конструктивная (теоретическая) производительность. Для СМ циклического действия теоретическая производительность определяется по формуле:

$$\Pi_k = \frac{3600Q}{T_{\text{ц}}} = 60Qn_{\text{ц}}, \quad (1.1)$$

где $T_{\text{ц}}$ — продолжительность цикла; Q — выработка продукции, м, м², м³, т, шт; $n_{\text{ц}}$ — число циклов в минуту.

Для СМ непрерывного действия конструктивную производительность определяют по формуле:

$$\Pi_k = 3600qV, \quad (1.2)$$

где q — погонное значение количества продукции на 1 м потока; V — скорость потока продукции, м/с.

Техническая производительность (Π_T) — максимально возможная производительность, реализуемая машиной в производственных условиях, обычно так же за час непрерывной работы.

Учет этих условий в общем случае определяется коэффициентом технологичности:

$$K_T = \Pi_T / \Pi_k. \quad (1.3)$$

Эксплуатационная производительность (Π_3) отражает степень организации и производства работ на строительной площадке и квалификацию оператора.

Связь между эксплуатационной и технической производительностями выражается так:

$$\Pi_3 = \Pi_T K_y K_v, \quad (1.4)$$

где K_y — коэффициент управления; K_v — коэффициент использования машины во времени.

Для оценки различных категорий производительности в конкретных условиях эксплуатации СМ можно использовать метод математического или компьютерного моделирования, учитывающий особенности данной строительной площадки. Это позволяет выбрать требуемый комплект СМ или отдельную машину наилучшим образом.

Производительность СМ во многом определяется силовой установкой — важнейшей частью привода СМ. Значимым параметром является ее мощность. В общем случае мощность N двигателя определяется как работа в единицу времени или в виде:

$$N = Fv = M\omega, \quad (1.5)$$

где F , M — приведенная сила или крутящий момент сопротивления, учитывающие как полезные силы сопротивления, связанные с назначением СМ, так и вредные силы сопротивления

в виде трения, сопротивления среды и тому подобного; v , ω — скорость точки приложения силы F или угловая скорость вращения крутящего момента M .

Приведенная сила или крутящий момент сопротивления СМ обычно определяются исходя из требуемых основных параметров СМ, задаваемых при ее проектировании, и для конкретной машины имеют свое выражение.

1.4. ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СРЕДСТВАХ МЕХАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Цифровые технологии (digital technology) могут включать в себя большую группу составляющих: большие данные (BigData), искусственный интеллект (AI, ИИ), чатботы, интернет вещей (IoT), виртуальная и дополненная реальность (VR, AR), искусственное зрение, блокчейн, роботизация, машинная аналитика, цифровые двойники и так далее. В строительной отрасли, включая строительное машиностроение, применяются перечисленные и другие составляющие в разной степени распространения.

Основная цель применения цифровых технологий в строительной отрасли (и не только) — это, в первую очередь, получение экономической выгоды за счет разных аспектов этих технологий. О некоторых из цифровых технологий применительно к средствам механизации строительства рассказывается в процессе аудиторных занятий и желательно с наглядными примерами.

Здесь мы не будем касаться математической, программной, этической и других аспектов, связанных с процессом разработки цифровых технологий в строительной отрасли, включая строительное машиностроение.

1.4.1. Базы данных в области средств механизации строительства

База данных (БД) — совокупность данных, организованных по определенным правилам, предусматривающим общие принципы описания, хранения и манипулирования данными, не зависящими от прикладных программ. Таким образом, база данных включает в себя набор постоянных данных, систему управления данными.

Базы данных средств механизации строительства можно найти по конкретному виду техники, по данным фирм-производителей и на торговых площадках. Также можно искать в международных базах данных, включая РФ, например, в базе данных Национального агентства финансовых исследований.

Помимо баз данных существуют *BigData* или *большие данные* — это структурированные или неструктурированные массивы данных большого объема, обрабатываемых с помощью специальных инструментов (термин BigData появился в 2008 г. и вызван взрывным ростом объемов информации в мире).

Применение больших данных *в отрасли строительных машин* распространяется на этапы их разработки, проектирования, изготовления, эксплуатации и утилизации — то есть на все этапы жизненного цикла СМ. Это касается вопросов стандартизации, сертификации, выбора конструкционных и защитно-отделочных материалов, соблюдения нормативно-правовых положений и многого другого, включая вопросы надежности, безопасности и экологии.

При строительстве зданий и сооружений, а также при их ремонте и эксплуатации большие данные могут использоваться для подбора комплекта СМ, имеющихся в данное время на рынке (приобретение, лизинг, аренда); для организации снабжения имеющегося парка СМ эксплуатационными материалами; для подбора средств механизации при решении задач модернизации инженерных систем зданий и сооружений и т.д.

1.4.2. Применение искусственного интеллекта в строительном машиностроении

Искусственный интеллект (ИИ) рассматривают вместе с нейронными сетями, машинным обучением, компьютерным зрением и так далее. Это позволяет применять его при проектировании машин и механизмов; эксплуатировать роботов, в том числе в строительстве; контролировать (управлять) движение беспилотных транспортных средств умных складов строительных материалов и изделий (заметим, что для работы на строительной площадке такие транспортные

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru