

ВВЕДЕНИЕ

Строительные и дорожные машины (СДМ) и оборудование используются для механизации работ на строительной площадке, производимых в разнообразных и быстромменяющихся условиях. Производительность и качество работы определяется знаниями, навыками, утомляемостью и другими личными особенностями машинистов, управляющих машинами.

Непрерывный количественный и качественный рост парка машин происходит быстрее увеличения численности машинистов высокой квалификации. Поэтому и вследствие ряда других причин все более актуальной становится задача автоматизации управления рабочими технологическими процессами строительных и дорожных машин и оборудования.

Автоматизация — одно из направлений дальнейшего развития и повышения эффективности производственных процессов. Автоматизация освобождает человека от выполнения монотонных и утомительных операций, снижает зависимость эффективности работ от физического развития, производственных навыков и состояния здоровья машиниста. И главное, автоматизация позволяет внедрять в управление рабочими процессами машин передовые методы и неуклонно их использовать. Тем самым автоматизация позволяет повысить и поддерживать постоянный уровень эффективности работы машин, в частности их производительности. При этом открывается и ряд других возможностей, например осуществления оптимизации динамических режимов работы машины, в результате чего снижается износ машин, а следовательно, уменьшаются потери времени и сокращается расход горюче-смазочных материалов.

Сложность рабочих процессов, выполняемых машинами, неоднозначность и изменчивость условий их работы, связанных с различными возмущающими воздействиями, определяют значительные трудности автоматизации, так как создаваемая система автоматического управления как заместитель человека-машиниста должна обладать соответствующими сложности процессов функциональными возможностями, достаточно развитой логикой действий. В том, что этому ранее не придавалось должного значения, заключается одна из причин низкого уровня автоматизации строительных и дорожных машин. Поэтому основное внимание необходимо уделять вопросам алгоритмизации процес-

сов управления и логического проектирования систем автоматического управления (САУ).

Кроме того, в настоящее время у нас в стране и за рубежом автоматизация технологических процессов и машин в строительстве определяется широчайшим использованием современных средств микропроцессорной и микроэлектронной техники, в том числе и бортовых систем управления и диагностики основных узлов СДМ на базе микропроцессоров.

Поэтому современному инженеру, работающему в области автоматизации любых технологических процессов и машин в строительной отрасли, а тем более в условиях рыночной экономики, необходимо знать:

- технологические процессы и классификации СДМ как объектов автоматического контроля, управления и регулирования;
- принципы построения САУ СДМ;
- элементную базу САУ СДМ: первичные преобразователи, технические средства, алгоритмы и микропроцессоры, регулирующие органы и исполнительные механизмы;
- динамические процессы, происходящие в САУ СДМ с математическим описанием в виде передаточных функций;
- математическое моделирование кинематических звеньев машин и элементов САУ;
- техноэкономическую эффективность внедрения САУ СДМ;
- отечественный и зарубежный опыт развития автоматизации СДМ;
- концепцию дальнейшего развития автоматизации СДМ.

Автоматизация технологических процессов и строительных машин — один из основных путей интенсификации производства.

Бурное развитие новых средств автоматики и вычислительной техники заставляет специалиста по автоматизации технологических процессов и машин в строительстве непрерывно совершенствоваться. Созданы факультеты повышения квалификации специалистов при вузах. Серьезное внимание должно уделяться дальнейшей самостоятельной подготовке студентов, особенно изучению новых разработок и принципов их внедрения в строительную отрасль. В этом основа успешной практической деятельности специалиста по автоматизации СДМ.

Раздел 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1.1. Классификация СДМ как объектов автоматизации

Для определения функций систем автоматического контроля и управления строительными дорожными машинами необходимо их классифицировать как объекты автоматизации.

СДМ подразделяются по видам выполняемых работ и назначению машин, используемых в строительстве, на следующие типы:

- 1) машины для земляных работ: скреперы, бульдозеры, автогрейдеры, одноковшовые и многоковшовые экскаваторы;
- 2) машины для непрерывного производства уплотнения грунта: виброкатки, вибротрамбовки;
- 3) машины для производства строительных материалов: пескоземлеройные снаряды и земснаряды для углубления речных протоков;
- 4) землеройные машины для строительства тоннелей;
- 5) бурильные машины для скважин и ям, бурорыхлители.

Строительная и дорожная машина в своем составе имеет: ходовую часть для передвижения; опорную раму; рабочий орган (РО) и приводы машины для приведения в движение отдельных элементов.

При рассмотрении задач автоматизации эти машины классифицируются следующим образом.

1. По типу РО (как пример — машины для землеройных работ): автогрейдеры, скреперы, бульдозеры, экскаваторы (одноковшовые и многоковшовые), буровые машины, канавокопатели, трамбовочные машины.

2. По способу передвижения:

- передвижные (мобильные);
- сборно-разборные (БСУ, АБЗ, ДСУ).

Характерной особенностью передвижных машин является то, что разработка грунта осуществляется с перемещением машины с помощью ходовой части. Стационарные отличаются тем, что разработка грунта осуществляется на одной площадке.

3. По характеру работы РО:

- машины непрерывного действия;
- машины циклического действия.

В машинах непрерывного действия разработка грунта осуществляется одновременно с его транспортировкой. В машинах циклического действия разработка грунта осуществляется периодически, так как РО одновременно является устройством для транспортировки грунта.

4. По типу привода различают машины с:

- дизельным приводом;
- дизель-гидравлическим;
- дизель-электрическим;
- электрическим;
- электромеханическим.

Первые три типа приводов обеспечивают работу машин без источников электроэнергии и обладают наибольшей маневренностью. Электрические приводы – для мощных машин (например, шагающий экскаватор).

5. По способу перемещения:

- на гусеничном ходу;
- на пневмоколесном ходу.

Каждый из упомянутых признаков оказывает влияние на разработку системы автоматизации и выбор технических средств систем управления. На рис. 1.1 в качестве примера приведена классификация землеройно-транспортных машин (ЗТМ) и пути автоматизации управления РО при копании грунта.

Классификация СДМ позволяет выделить следующие задачи для автоматизации планировочных ЗТМ:

1) разработка САУ РО машины для обеспечения заданного продольного профиля (угол α) и поперечного профиля (угол β);
разработка САУ РО машины для обеспечения заданного только поперечного профиля (угол β);

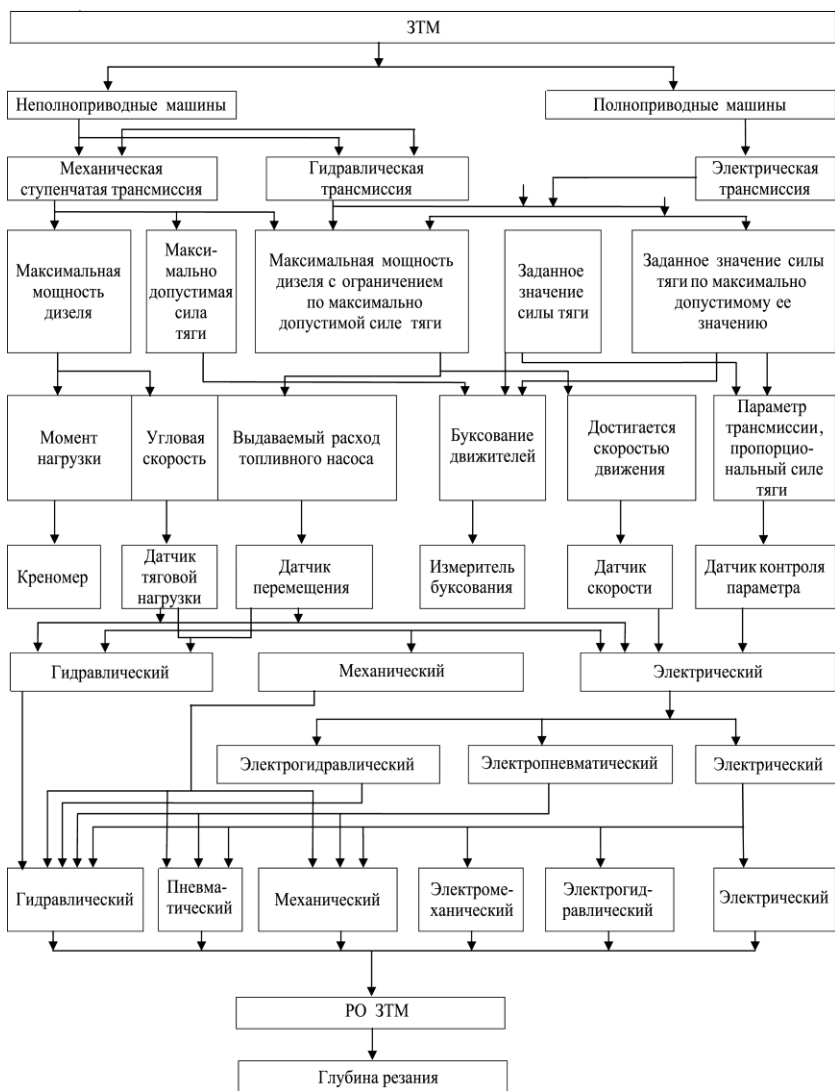


Рис. 1.1. Классификация ЗТМ и пути автоматизации управления РО при копании грунта

2) разработка САУ курсом движения машины (угол α и β) (автономные или копирные по световому потоку, лазеру, тросу);

3) разработка системы САР скорости V_m , а значит, и производительности ЗТМ.

Если рассмотреть технологию разработки траншей, то не трудно заметить, что для ЗТМ характерны те же самые задачи автоматизации, что и для планировочных машин, т.е. задача выдерживания заданного продольного уклона (α) траншеи, курса, производительности, поперечного уклона (β).

В целом любая мобильная машина циклического действия имеет следующие режимы работы: копание (забор грунта — t_k), транспортировка грунта в заданную точку — t_t , возврат в забой — t_b , что составляет время цикла: $T_k = t_k + t_t + t_b$.

Процессы работы мощных одноковшовых и многоковшовых экскаваторов отличаются от режима работы бульдозеров тем, что транспортирование грунта и возврат в забой осуществляется с помощью РО, но задачи автоматизации те же.

Общей задачей для всех грунтоуплотняющих машин является автоматический непрерывный контроль качества уплотнения грунтов. С появлением микропроцессорных средств появилась реальная возможность создания таких приборов.

В целом важное значение имеет глубокое технологическое и технико-экономическое обоснование разрабатываемых автоматических систем строительных машин. Вопрос повышения качества строительства необходимо решать и с помощью средств оперативного контроля. Поэтому создание и внедрение средств оперативного контроля (информационные системы) работы машины нужно рассматривать как первоочередную задачу, учитывая, что автоматизированные системы управления на строительных и дорожных машинах не высвобождают машиниста из процесса производства строительных работ. Оперативные информационные системы (глубиномер, работомер, плотномер и т.д.) намного дешевле, просты в эксплуатации и облегчают работу машиниста, функции которого сводятся к введению корректировки работы машины при отклонении от заданных технологических строительных параметров.

Автоматизация строительных машин позволяет обеспечить:

- расширение функциональных возможностей машин с применением программного и дистанционного управления для работы в недоступных, опасных или вредных для человека условиях;
- упрощение труда машинистов за счет автоматического управления при выполнении отдельных технологических операций;
- регулирование скорости рабочих движений, позиционирование РО;
- экономию топлива за счет оптимального регулирования гидропривода в зависимости от рабочей нагрузки, позволяющего максимально использовать механическую работу двигателя;
- повышение надежности машин (с помощью бортовых ЭВМ упрощаются диагностика и обнаружение неполадок);
- повышение безопасности работы с применением автоматической сигнализации и отключения привода в опасных ситуациях, что позволяет работать в условиях повышенной опасности.

В информационных системах автоматического контроля результат должен выражаться в виде регистрации или сигнализации об основных параметрах, характеризующих работу двигателя и гидропривода: выдаче сигналов о приближении фактических (контролируемых) параметров к предельным значениям, получении прогнозирующей информации о работе систем, а также контроле технологических параметров при работе машин.

Первостепенной задачей автоматизации является также и наладка системы безопасной работы обслуживающего персонала.

Оценка работы экскаваторов, оснащенных информационными системами, по данным зарубежных специалистов, положительна: производительность повышается на 8–10 % при одновременном снижении расхода топлива на 5–7%.

Микропроцессорная система управления экскаватором позволяет в автоматическом режиме контролировать техническое состояние экскаватора и управлять его технологическими параметрами. Она состоит из четырех подсистем: диагностирования технического состояния экскаватора; определения производительности; определения глубины копания; определения угла поворота

платформы экскаватора. Применение микропроцессорной системы позволит повысить выработку экскаваторов и их срок службы, улучшить качество производства работ и условия труда машинистов, сократить долю ручного труда на зачистных операциях и определить сменную, месячную и годовую производительность.

Основу исследований составили технологические разработки. При анализе на первом этапе учитывались существующая технология, применяемые средства механизации и автоматизации и уровень ручного труда, стоимостные показатели и трудозатраты; на втором этапе составлялась перспективная технология с учетом всех изложенных факторов; и на третьем этапе проводилась сравнительная оценка.

Автоматизация отечественной строительного-дорожной техники идет по трем основным направлениям: управление пространственным положением РО машин, оптимизация наиболее энергоемких режимов работы машины, создание комплексной автоматизированной системы управления технологическим процессом строительства дорог и мелиоративных сооружений на основе лазерной техники.

Первое направление автоматизации машин связано с повышением их планирующих свойств при обеспечении заданных профиля и уклона поверхности. Именно эти отделочные операции представляют наибольшие трудности для машиниста, поскольку отличаются значительной трудоемкостью и требуют больших затрат времени. Отклонение от нормативных требований при выполнении этих операций крайне негативно сказывается на качестве сооружений и вызывает перерасход материалов.

Второй путь развития систем управления работой мобильных строительных и дорожных машин связан с автоматизацией наиболее энергоемких технологических операций — копания и транспортирования грунта, позволяющей более полно использовать тяговые возможности машин, снизить расход топлива, износ ходовой части, облегчить труд машиниста за счет снижения его психофизических нагрузок.

Третье направление обеспечивает кардинальное совершенствование технологии и организации строительства дорог, мелиоративных и других сооружений. Его развитие базируется на последних достижениях лазерной и микропроцессорной техники,

учете передового отечественного и зарубежного опыта в этой области и заключается в создании комплексной системы дистанционного программного или автоматического управления строительными машинами и оперативного контроля качества возводимой поверхности.

В строительных организациях имеется определенный опыт создания и внедрения средств автоматизации на строительных машинах. В настоящее время в строительстве с применением средств автоматизации работают строительные машины, связанные с технологией разработки грунтов: автогрейдеры, скреперы, бульдозеры, экскаваторы. Используются также автоматизированные асфальтоукладчики и строительно-монтажные краны. Перечисленные машины оснащены системами управления «Профиль-20», «Стабилоплан», «Стабилослой», «Профиль-30» на базе лазерных приборов и др.

Автоматическое обеспечение оптимального угла резания при разработке грунтов одноковшовым экскаватором позволяет увеличить его производительность на 5–10 % за счет рационального наполнения ковша, в также за счет автоматического контроля учета наработки. Пример одноковшового экскаватора показывает, как автоматизировать следующие операции: автоматическая регистрация основных параметров, характеризующих работу дизеля и гидропривода; диагностика отдельных узлов машины и системы управления в целом; оптимизация режимов работы с целью снижения расхода топлива и уменьшения нагрузок на основные узлы машины; контроль технологических строительных процессов, выполняемых машиной.

Целесообразно использовать бульдозеры с автоматическим управлением на работах, при которых 35–50 % времени работа состояла бы из планировочных операций с включенной системой автоматики.

Автоматизация автогрейдеров и скреперов совпадает с автоматизацией бульдозеров при выполнении планировочных работ.

Для повышения эффективности создания и внедрения в строительстве средств автоматизации СДМ необходимо, чтобы исходные технические требования на эти средства автоматизации разрабатывали только строительные организации.

В целом, важное значение имеет глубокое технологическое и технико-экономическое обоснование разрабатываемых автоматических систем строительных машин и оборудования и технологических операций. Автоматизация выдвигает проблему разработки отраслевых интегральных экономических показателей для оценки эффективности всех управляемых машин, начиная от комфортности и кончая показателями долговечности, позволяет экономически обосновать создание высокоэффективных систем управления. Одновременно следует отметить, что внедрение средств автоматизации и роботизации в строительстве во многом сдерживается неблагоприятностью условий работы (запыленность, влажность, вибрация, электрические наводки), что приводит к снижению работоспособности средств и систем автоматизации и роботизации. В составе комплексных программ по автоматизации технологических процессов в строительстве большое внимание уделяется: разработкам датчиковой аппаратуры, в частности созданию приборов контроля физических и технологических параметров при производстве строительных работ; влажности исходных материалов на базе созданного СВЧ-влажмера; гранулометрии этих же материалов; плотности грунтов; вязкости смесей.

1.2. Задачи автоматизации СДМ

Земляные работы по трудоемкости составляют более 20 % всех строительных работ и выполняются в основном высокомеханизированным способом с применением современных экскаваторов, землеройно-транспортных, грунтоуплотняющих и других машин. Ручное управление этими машинами весьма утомительно для машиниста, требует большого сосредоточения, быстроты реакции, а иногда и значительных затрат физической силы. Например, на бульдозере за смену оператор производит до 13 тыс. переключений рычагов управления, а на скрепере — до 6 тыс. К концу смены машинист сильно утомляется, производительность его труда значительно снижается. Кроме того, не имея объективной информации о степени загруженности двигателей, перемещении РО, глубине копания и т.д., он вынужден управлять «вслепую», что не обеспечивает требуемого качества выполнения работ. Поэтому повышение производительности и точности земляных работ во многом определяется степенью автоматизации управления

машиной, эффективностью и надежностью используемых средств автоматизации.

Разнообразие условий работы, нестабильность производственного процесса, сложность выполняемых технологических операций не позволяют полностью исключить участие человека из процесса управления машинами для земляных работ. В связи с этим наиболее актуальна разработка систем частичной автоматизации в первую очередь тех процессов управления, которые в наибольшей мере определяют безопасность и производительность труда, эффективность использования машин и решают следующие основные задачи:

- защита механизмов машин от аварий и перегрузок;
- контроль и регулирование двигателя (обычно двигателя внутреннего сгорания), обеспечивающие его надежную и экономичную работу;
- управление режимами копания, обеспечивающее максимально возможную толщину срезаемого слоя грунта (т.е. производительность) без поломки и перегрузки рабочих механизмов машины;
- управление положением РО ЗТМ с целью получения заданного уровня и профиля поверхности разрабатываемого грунта;
- управление траекторией движения РО, глубиной копания и циклом работы одноковшовых экскаваторов;
- управление режимами уплотнения грунта;
- дистанционное управление машинами при выполнении работ в опасных условиях (например, под водой, в зоне повышенной радиации и т.п.), а также при групповой работе нескольких машин;
- диагностика технического состояния, неисправностей машины, информирование машиниста о режимах работы и параметрах машины, учет объемов выполненных работ.

Около половины всех работников, выполняющих земляные работы, заняты ручным трудом и главным образом на зачистных операциях. Поэтому ликвидация ручного труда является одной из важнейших задач в общей проблеме сокращения ручного труда в строительстве.

Значительное место в строительстве занимают работы по сооружению траншей подземных коммуникаций (газо-, нефте-, трубопроводов, водопроводов, теплофикационных и кабельных се-

тей). Поэтому автоматический контроль по лазерному лучу при работе многоковшовых экскаваторов — важная технологическая задача при автоматизации этих машин, а оснащение их автоматическими приборами глубины копания позволит высвободить 2 человека на 1 машину за счет сокращения объемов зачистных работ и уменьшения доли ручного труда.

Реальный экономический эффект дают автоматизированные строительные машины при разработке «рисовых чеков».

Автоматическое обеспечение оптимального угла резания при разработке грунтов одноковшовым экскаватором позволяет увеличить производительность последнего на 5–10 % за счет рационального наполнения ковша, а также за счет автоматического контроля учета наработки. Кроме того, на примере одноковшового экскаватора можно показать, какие операции можно автоматизировать в самой машине, а именно: автоматическая регистрация основных параметров, характеризующих работу дизеля и гидропривода; выдача сигналов о приближении параметров гидропривода и дизеля к предельным значениям; диагностика отдельных узлов машины и системы управления в целом; автоматическое закрывание трубопровода гидросистемы при повреждении; оптимизация режимов работы с целью снижения расхода топлива и уменьшения нагрузок на основные узлы машины; предупреждение об опасности крена и др.

Целесообразно использовать бульдозеры с автоматическим управлением, благодаря которым 35–50 % рабочего времени занимали бы планировочные операции с включенной системой автоматизации.



Рис. 1.2. Классификация автоматизированных строительных машин и механизмов

Автоматизация автогрейдеров и скреперов совпадает с автоматизацией бульдозеров при выполнении планировочных работ.

Общей задачей для всех грунтоуплотняющих машин является автоматический непрерывный контроль качества уплотнения грунтов. С применением микропроцессорных средств появилась реальная возможность создания таких приборов контроля.

Важное значение имеет глубокое технологическое и технико-экономические обоснование разрабатываемых автоматических систем строительных машин.

Классификация строительно-монтажных работ, выполняемых автоматизированными строительными машинами и механизмами, приведена на рис. 1.2.

Автоматизация СДМ позволяет добиться следующих результатов:

- расширения функциональных возможностей машин (это машины с программным и дистанционным управлением для работы в недоступных, опасных или вредных для человека условиях, а также возможность с помощью автоматики выполнять земляные работы, которые кинематика машины легко позволяет осуществлять, в то время как способности машиниста ограничены: прямолинейное движение ковша экскаватора с целью сокращения зачистных работ; зачистные работы вблизи подземных коммуникаций);

- упрощения труда машинистов за счет автоматического управления при выполнении отдельных технологических операций, таких как наполнение ковша погрузчиков и экскаваторов, регулирование скорости рабочих движений, позиционирование РО;

- экономии топлива за счет оптимального регулирования гидропривода в зависимости от рабочей нагрузки, позволяющего максимально использовать механическую работу двигателя;

- повышения надежности машин, так как с помощью бортовых ЭВМ упрощается диагностика и появляется возможность раннего обнаружения неполадок;

- повышения безопасности работ с применением автоматической сигнализации и отключения привода в опасных ситуациях (это позволяет работать в условиях повышенной опасности).

Функции, оставляемые за машинистом в автоматизированной машине, можно при достаточно высоком уровне автоматизации управления свести к минимуму. Примером служит предполагае-

мая автоматизация виброкатков для уплотнения грунтов, вибропогружателей свай и т.п. Поэтому рациональнее иметь информацию о выполнении технологических операций (глубина, степень уплотнения, выработка и т.п.), на основании которой машинист вводит коррективы в свою работу.

Зарубежные специалисты оценивают производительность работы, например, экскаваторов, оснащенных информационными системами, как повышенную на 8–10 % при одновременном снижении расхода топлива на 5–7 %. Выход таких систем из строя не влияет на работоспособность строительных машин. Микропроцессорная система управления экскаватором позволяет в автоматическом режиме контролировать техническое состояние экскаватора и управлять его технологическими параметрами. Она состоит из нескольких подсистем, в зависимости от требований заказчика (рис. 1.3).

Все подсистемы объединены в одно электронное устройство, построенное на микропроцессорных элементах. Устройство монтируется в кабине экскаватора в удобном для машиниста месте и снабжается различными кнопками для задания тех или иных программ работы, а также цифровой индикацией, указывающей глубину копания, производительность, угол поворота, параметры работы и контроля двигателя, аккумулятора, гидросистемы и др.

Основные проблемы автоматизации СДМ:

- необходимо тщательное технологическое и технико-экономическое обоснование средств, создаваемых для автоматизации СДМ;
- для повышения технического уровня и конкурентноспособности автоматизированных СДМ технически и экономически целесообразно создание такого набора средств автоматизации, включая информационные системы на электронной, микропроцессорной и микроэлектронной элементной базе, который позволит машиностроителям комплектовать СДМ в соответствии с запросами рынка, а заказчику самому определять уровень автоматизации машин и оборудования в зависимости от организационных, технологических и экономических факторов;
- создаваемые средства автоматизации должны быть построены в блочно-модульном исполнении на максимально уни-

фицированных технически решениях и аппаратурных средствах, обеспечивающих надежную работу в условиях вибрации, получения ударов, неблагоприятных температурных воздействий, запыленности, нестабильности напряжения бортовой сети и др.

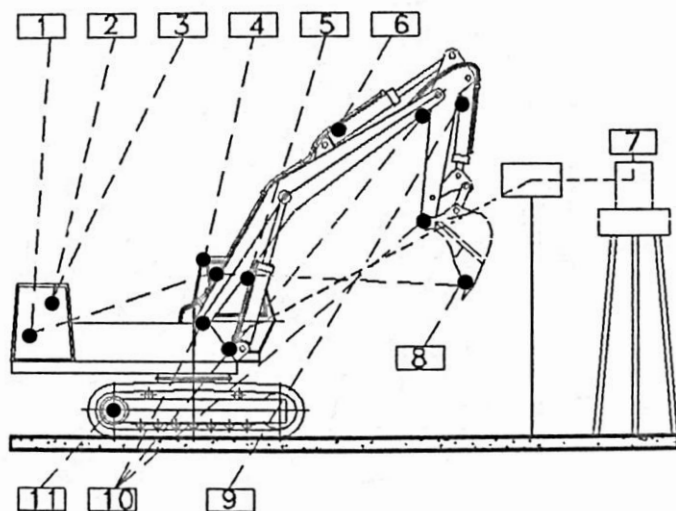


Рис. 1.3. Структурная блок-схема систем автоматизации одноковшового экскаватора:

1 — система контроля работоспособности электрооборудования и средств автоматизации; 2 — система контроля работоспособности двигателя; 3 — система автоматического снижения оборотов двигателя на холостом ходу; 4 — креномер; 5 — сигнализаторы пожароопасности, превышения допустимого уровня вибрации, шума, загазованности; 6 — система оптимизации нагрузки; 7 — система автоматического управления РО с применением лазерной техники; 8 — устройство обнаружения подземных коммуникаций; 9 — автономная система управления рабочим органом; 10 — глубиномер; 11 — система контроля работоспособности ходовых и тормозных узлов

Важнейшими условиями разработки и эффективного внедрения средств автоматизации строительных машин являются тщательное изучение и объективный анализ мирового опыта, учет важнейших научно-технических проблем в области механизации и технологии строительного производства и строительных машин.

Основные научно-технические направления автоматизации строительных и дорожных машин сводятся к следующим:

- создание контрольно-информационных систем автоматизации строительных машин для контроля качества выполняемых технологических операций, повышения надежности машин и безопасности работ;
- создание автоматических систем управления РО строительных машин для увеличения производительности;
- создание на базе автоматизированных машин автоматизированных технологий.

В условиях рыночной экономики необходимо создавать и внедрять в строительстве такие эффективные средства автоматизации, которые давали бы реальный экономический эффект; тогда появятся экономические рычаги и заинтересованность строительных организаций во внедрении и надежной эксплуатации этих средств, что в свою очередь приведет к снижению ручного, тяжелого и, как правило, монотонного ручного труда и на основе этого обеспечит повышение престижности нашей строительной профессии и эффективности капитального строительства в целом (рис. 1.4).

Рассмотрим процесс автоматизированного управления РО СДМ в режиме копания грунтов, так как этот режим является наиболее энергоемким и от него зависит производительность и в целом эффективность работы СДМ, в том числе и ЗТМ.

Положение РО ЗТМ относительно поверхности обрабатываемого грунта определяет глубину резания, изменение которой по времени необходимо знать при рассмотрении энергобаланса агрегата в условиях неустановившегося режима работы.

Изменение глубины резания по времени при воздействии РО через механизм подъема зависит от кинематической характеристики механизма подъема — изменения скорости его выходного звена во времени. Кинематический анализ дает возможность установить зависимость: $V_n = f(t)$ — скорость подъема механизма от времени. Входное звено: поршень гидроцилиндра. Выходное звено: любая точка РО машины.

Конец ознакомительного фрагмента.
Для приобретения книги перейдите на сайт
магазина «Электронный универс»:
e-Univers.ru.