

Глава 1

Общие сведения о строительных машинах

1.1. Развитие механизации строительства

Наиболее простые орудия и устройства, облегчающие выполнение трудоемких и тяжелых строительных работ, таких, как рытье каналов, котлованов, шахт, возведение плотин, пирамид, башен и стен, применялись в течение нескольких тысячелетий. Подъем и перемещение грузов является одним из основных процессов в технологии строительных работ, поэтому кратко рассмотрим развитие грузоподъемных машин и транспортных устройств.

Простейшие устройства для подъема и перемещения тяжелых грузов: рычаги, катки, наклонные плоскости использовались еще при сооружении древнейших каменных построек. Они позволяли поднимать и перемещать грузы без применения промежуточных элементов, связывающих подъемное устройство с грузом (цепей, канатов), и применялись, например, при сооружении дольменов, пирамид, колоссальных построек Ассирии, Вавилона, Египта, гидротехнических сооружений в долине Желтой реки в древнем Китае, при возведении построек в древнем Риме и т.д. С их помощью перемещались на большое расстояние и поднимались на значительную высоту огромные грузы, доходившие иногда до таких размеров, что и сегодня сам факт их перемещения вызывает удивление. Так, например, на развалинах древних построек встречаются монолитные камни весом в 90 тонн и более, например колонны храма в Гелиополисе (вес 360 т).

Археологические раскопки в местах древних поселений в низовьях междуречья Тигра и Евфрата документально доказали, что задолго до Вавилонской цивилизации, в середине III тысячелетия до н.э. у шумеров уже была четырехколесная повозка. А это означает, что они в то время строили дороги, и часто с твердым покрытием, т.е. дороги, выложенные каменными плитами, на которых меньше сопротивление передвижению. В XVII веке до н.э. в царствование Хаммурапи была установлена громадная колонна из диорита, на которой были высечены 290 параграфов кодекса законов этого царя, а в XII в. до н.э. эламиты завоевали это царство и перевезли (а может перетащили) эту колонну за 300 км в город Сузы.

В Египте в эпоху древнего царства катки, наклонные плоскости и рычаги использовались при постройке пирамид. Считается, что по наклонным песочным плоскостям, поверхность которых сверху была уложена тонкими каменными плитами, втаскивались каменные глыбы, обелиски и колоссальные статуи, вес которых достигал 700 т (колоссы Мемнона) и даже 1000 т (статуя Рамсеса-II – 1388...1322 гг. до н.э.). В XXII веке до н.э. в Египте была построена самая большая пирамида – пирамида Хеопса высотой 147 м из каменных плит размерами $9 \times 2 \times 2$ м, весом каждая по 90 тонн. Строилась

пирамида 20 лет, и на строительстве было задействовано ~100000 человек. Документов, свидетельствующих о применении в Египте воротов, кабестанов и полиспастов, не обнаружено, что пытаются объяснить лишь наличием дешевой рабочей силы, не стимулировавшей развитие и совершенствование механических приспособлений.

Первые описания простейших механизмов (рычагов, катков, полиспастов) были найдены в трудах древнегреческого философа Аристотеля (384...322 гг. до н.э.). С канатами и цепями начали применяться блоки и ворота (вертикальные и горизонтальные). Такие подъемные устройства значительно большее развитие получили в Древней Греции.

Древние греки уже в V веке до н.э. для подъема грузов при возведении крепостных стен применяли “журавль” – (греч. “геранос”, по-немецки “краних”, откуда и произошло русское название “кран”). Позднее древними греками применялись конные ворота и подъемные устройства, несущей конструкцией которых были раскрепленные канатами наклонные деревянные столбы, имеющие постоянные или переменные углы наклона. На них подвешивались полиспасты с простейшими захватными устройствами для штучных грузов. Знаменитый Архимед (212 г. до н.э.) во времена Пунических войн при защите родного города Сиракузы (о. Сицилия) применил рычажные устройства, снабженные специальными крюками для опрокидывания вражеских римских кораблей, а с другой стороны суши те же устройства, снабженные клещевыми захватами, уничтожали стенобитные тараны.

Древнегреческий математик Пап Александрийский в своих трудах, написанных в 284...305 гг. н.э., дает описание первых лебедок – устройств, которые теперь имеются, практически, на всех грузоподъемных машинах. Автор трудов говорит, что он многое заимствовал из сочинений Герона (120 г. до н.э.), в том числе описание устройства, имевшего ручной привод и зубчатую передачу, вращающую барабан, на который наматывался канат, подтягивающий груз.

Римляне, в основном, пользовались культурой Греции. Дальнейшее совершенствование римлянами таких установок привело к созданию поворотных подъемных кранов. По относящемуся к I в. до н.э. описанию Ветрувия эти краны укреплялись на прочных деревянных брусках, которые могли поворачиваться на катках в любую сторону. Подъем груза осуществлялся с помощью воротов. В древнем Риме появились клетевые подъемники – прототипы современных лифтов.

В эпоху Средневековья развитие строительной техники практически прекратилось. И только в XI – XII веках в связи с развитием торговли, мореплавания и горнометаллургической промышленности снова отмечается развитие этих машин и расширение области их применения. Надо было сооружать порты, прокладывать подъездные пути, воздвигать мосты и строить фабричные здания и склады. Все это связано с выполнением больших объемов работ, и в первую очередь, земляных. Появляются первые передвижные строительные, дорожные и подъемно-транспортные машины, которые приводились в движение мускульной силой людей либо животных, а также

первые стационарные машины для производства стройматериалов, приводимые в движение силой ветра или воды. Эти источники энергии оставались основными до конца XVIII в. В XI в. при строительстве Софийского собора в Новгороде использовались сложные системы блоков – полиспасты. В XIV – XV веках на основе развития механики и требований, выдвинутых развитием торговли и промышленности, совершенствуются грузоподъемные машины. Соединение ворота с блоком или полиспастом позволило создать основное звено грузоподъемного устройства – механизм подъема груза и дало толчок к появлению различных по конструкции типов кранов.

В Европе (Италия, Германия, Чехия) стали создаваться поворотные стреловые краны с остовом из дерева и с конным приводом. В XVI веке н.э. уже была известна реверсивная муфта, которая позволяла изменять направление вращения барабана от постоянно вращающегося в одном направлении вертикального вала.

Первые тормозные устройства описаны Георгием Агриколой (он же Георг Бауер, 1490 – 1555 гг.). Они использовались в стационарной подъемной машине, приводимой в движение конной тягой. Конструкция этого первого тормоза является прототипом современных колодочных тормозов. К огромному вращающемуся шкиву рабочий с помощью тяг и рычагов, когда это нужно, прижимают деревянный брус, расположенный горизонтально под шкивом, который за счет силы трения, возникающей между шкивом и брусом, останавливает машину. И груз, например бадья с рудой или водой, удерживается на весу.

В конце XVII в. в Московском Кремле при помощи ручных лебедок с использованием противовесов и рычагов был поднят колокол весом более 130 т. Лебедки размещались на башне, а грузы-противовесы были уложены на площадках, подвешенных на канатах, переброшенных через четырехгранные блоки. Противовесы позволили существенно снизить усилия подъема груза.

В 1752 г. на Урале было предложено скатное устройство маятникового типа, которое имело две грузовые платформы, связанные с воротом таким образом, что груженная платформа перемещалась вниз под действием составляющей собственного веса и поднимала пустую платформу. Для регулирования скорости спуска применялся одноколодочный тормоз.

Машина К.Д. Фролова, снабженная двумя попеременно поднимающимися бадьями, приводилась в движение силой падающей воды; направление движения подъемных канатов изменялось специальным затвором, направлявшим поток падающей воды на правое или левое приводное колесо. Машина была снабжена одноколодочным тормозом, управляемым вручную посредством рычажной системы.

В кранах, вводившихся в эксплуатацию до XIX в., основные узлы (стойки, стрелы, ворота и др.) выполнялись из дерева. Даже обода и зубья зубчатых колес выполнялись деревянными. Сталь применялась только для таких деталей как оси, храповики, крюки. Замена дерева металлом начинает осуществляться лишь в первой четверти XIX в.

В конце XVIII в. в различных машинах начинают использовать гидравлический привод, в котором рабочей жидкостью служила вода, подававшаяся в рабочие цилиндры под давлением, достигавшим нескольких десятков атмосфер. Но только в 1847 г. в Англии был введен в эксплуатацию первый подъемный кран с гидравлическим приводом.

В 1769 г. с помощью лебедок, полиспастов и катков на специальном настиле, состоявшем из двух деревянных рам-обойм с продольными желобами, перемещался гранитный камень весом более 100000 пудов для цоколя памятнику Петру I. Желоба верхней и нижней обоймы были армированы медными листами, а между ними помещались бронзовые шары. По мере продвижения верхней обоймы с камнем, под нее укладывались новые нижние обоймы с шарами. Обоймы с шарами образовывали подобие упорных шариковых подшипников.

С помощью деревянных лесов и деревянных ворот в 1828...1830 годах были выполнены работы по установке колонн двухъярусных колоннад Исаакиевского собора, а в 1832 году – работы по установке Александрийской колонны, вес которой превышал 600 тонн.

В конце XVIII и начале XIX в. после изобретения парового двигателя (Уатт, 1763 г.) начался новый этап в развитии краностроения. В 1827 году в Англии впервые построен паровой подъемный кран, но в последующие годы краны с паровым приводом не получили широкого распространения из-за несовершенства конструкции паровой машины. Только в 90 годах XIX столетия после совершенствования паросиловых установок, уменьшения их габаритных размеров и веса паровые краны постепенно вытесняют гидравлические. В России первый паровой железнодорожный кран был построен в 80-е годы XIX столетия. В этот же период в России создают мостовые и порталные краны, а в 1877 г. – кабельный кран.

В середине XIX века в России индивидуальное производство подъемных кранов по заказу велось на Костромском механическом заводе, а в конце XIX века выпуск подъемного оборудования различных типов был освоен такими крупнейшими машиностроительными заводами, как Путиловский, Сормовский, Коломенский, Брянский, Краматорский и др.

В 20-х годах XIX столетия в Париже был построен первый мостовой кран, выполненный целиком из дерева. Деревянные и деревянно-металлические несущие конструкции мостовых и козловых подъемных кранов, стрел порталных кранов применялись еще в последней четверти XIX века, хотя замена дерева металлом сравнительно широко начинает осуществляться уже в первой четверти XIX в.

Промышленное краностроение особенно интенсивно стало развиваться после изобретения электропривода. В 1880 г. в Германии были созданы электрические фрикционные лебедки и построен первый электрический подъемник, механизм подъема которого имел червячную передачу и зубчатые колеса, входящие в зацепление с зубьями неподвижной направляющей рейки. В это же время был построен мостовой кран, все механизмы которого имели привод от одного электрического двигателя. В 1889 году в США был введен в

эксплуатацию первый электрический мостовой кран с отдельными электрическими приводами всех механизмов. В 1908 г. создана электрореверсивная лебедка. Один из авторов учебника (Волков С.А.) в конце 70-х годов обследовал мостовой кран на Пролетарском заводе, построенный Путиловскими мастерскими в 1898 году. Конструктивное решение этого крана было оптимальным.

С развитием жилищного и промышленного строительства начали создавать строительные краны. В 1902 г. были созданы краны-укосины. Они имели деревянную мачту и металлическую укосину, на которых крепились блоки, а лебедка устанавливалась на земле. В 1905 г. в Германии был создан свободно стоящий поворотный стационарный кран, а в 1908 г. – передвижной башенный кран с грузовой тележкой на стреле. В 1914 г. был создан башенный кран с подъемной стрелой, имеющий все признаки современных башенных кранов.

До начала 50-х годов башенные краны имели неповоротную башню; их монтаж был длителен и трудоемок. Ускорение темпов строительства привело к появлению мобильных кранов, которые перевозились в сложенном виде. Время их монтажа по сравнению с ранее применявшимися кранами было значительно сокращено. Рост этажности строительства привел к созданию механизмов наращивания башни, что позволило сократить время монтажа кранов с неповоротной башней и продолжить развитие их конструкций.

Интересна история развития конструкций машин для земляных работ, среди которых наиболее трудоемки землеройные.

В венецианском издании «Кодекс Джованни Фонтана» 1420 года опубликован рассказ об использовании для углубления дна каналов и расширения морских гаваней ковшедолбежной землечерпалки. Официально идея создания землеройных машин принадлежит Леонардо да Винчи, который в начале XVI в. предложил схемы экскаваторов-драглайнов. К 1500 г. относится набросок чертежа грейфера для землечерпалки. Несколько лет спустя Леонардо руководил прокладкой каналов в засушливой Миланской долине, где на земляных работах он применил землечерпалку собственной конструкции.

В 1809...1811 гг. в России создана машина Бухтеева для пробивания мелей, мешающих судоходству. В 1809 г. была изготовлена землечерпалка, которая работала в Кронштадтском порту. В 1812 г. под руководством инж. А. Бетанкура на Ижорском заводе была построена многоковшовая паровая землечерпалка с двигателем мощностью 15 л.с. – это был, пожалуй, один из первых многоковшовых экскаваторов. За рубежом такие землечерпалки появились 18 лет спустя. В 1847 году русский изобретатель Кушелевский предложил идею землечерпательной машины, которая могла работать как на воде, так и на суше, соединяя достоинства речной землечерпалки и сухопутного экскаватора.

В 1836 г. механик В. Отис (США) построил первый паровой одноковшовый экскаватор с ковшом емкостью $1,14 \text{ м}^3$ и мощностью 15 л. с. на рельсовом ходу без привода. Его производительность составляла $30...80 \text{ м}^3/\text{ч}$, что всего только в 1,5...2 раза ниже производительности современного

канатного экскаватора с ковшом такой же емкости. По принципу действия этот экскаватор можно считать прототипом современных машин. До начала широкого строительства железных дорог и крупных заводов экскаваторы не получили широкого применения. В 1842 г. мировой парк их состоял лишь из семи машин, четыре из которых использовались на строительстве железной дороги Петербург – Москва. Там же работали свайные молоты с приводом от паровых лебедок.

В 1854 году в Петербурге были изданы материалы, подготовленные комиссией, изучавшей природные богатства и хозяйство Пермской губернии. В них опубликованы сведения о первом русском паровом экскаваторе, названном авторами документа “земляным механизмом”. Автор машины – неизвестный механик из Нижнего Тагила. Машина могла перемещаться и “посредством особых устройств” копала руду и производила ее уборку от забоя, подготавливая фронт работ для дальнейшей выемки руды. Так, в середине XIX в. на Урале, в руднике горы Великой был применен способ открытой разработки полезных ископаемых с помощью экскаватора.

Первый колесный скрепер с конной тягой появился в XVIII в., но еще во второй половине XIX в. на земляных работах использовались конные совкообразные скреперы-волокуши вместимостью 0,1...0,3 м³, а также колесные скреперы с ковшами 0,2...0,3 м³. Еще в середине XIX в. в России выравнивали дороги бревнами, волочившимися за конной тягой. В 70-е годы XIX в. в США появились первые грейдеры – телеги с подвешенным к ним ножом-отвалом. В 1875 г. был построен первый грейдер-элеватор, а в 1887 г. – первый прицепной грейдер, имевший металлическую раму, на которой были механизмы, регулирующие положение ножа. Обе эти машины работали на конной тяге.

Еще 2...3 тысячи лет назад на дорожных работах применялись каменные катки с ручной тягой. Во второй половине XIX в. тяга была заменена на конную, а затем каменные катки – на металлические. В конце XIX в. на Коломенском заводе началось производство паровых катков массой 10 т. при мощности 15...25 л.с.

В 1858 г. появились первые щековые дробилки для дробления щебня. Принцип их действия и конструктивное решение основных узлов сохранились до настоящего времени. Первые смесительные машины с деревянным барабаном и ручным приводом появились в середине XIX в.; в дальнейшем ручной привод был заменен конным, а деревянные барабаны железными, а еще позже был применен паровой привод. Первый отечественный паровой молот был построен в 1869 г.

В царской России экскаваторостроения не существовало, если не считать, что с 1900 по 1917 гг. Путиловский завод по чертежам фирмы Бюсайрус (США) построил 37 экскаваторов железнодорожного типа с ковшом емкостью 2,3 м³, 2 экскаватора того же типа с ковшом емкостью 0,4 м³ и 10 многоковшовых экскаваторов по чертежам фирмы Любек (Германия) производительностью 98 м³/ч.

В дореволюционной России объем земляных работ был незначителен и при наличии дешевых рабочих рук все работы обычно выполнялись вручную. Первые экскаваторы на гусеничном ходу появились в 1912 г.

В развитии конструкций строительных машин наблюдаются следующие тенденции: использование при проектировании рабочего оборудования принципа подобия ручным операциям; переход от деревянных конструкций к стальным; замена ручного, конного, ветряного и водяного приводов на паровой, а затем на двигатели внутреннего сгорания и на электрические; замена неприводных ходовых устройств в виде деревянных катков и колес на приводные рельсовые, гусеничные или пневмоколесные ходовые устройства (на самых крупных машинах – шагающие); замена механической трансмиссии на гидравлическую или электрическую передачу мощности к исполнительным органам. Начиная с 1960...1965 гг., наблюдается быстрый рост производства машин с гидроприводом, повышающим их универсальность, облегчающим управление и автоматизацию.

Следует отметить постепенное относительное уменьшение роста парка одноковшовых экскаваторов в строительстве по сравнению с ростом парка экскаваторов непрерывного действия и землеройно-транспортных машин и соответственное изменение объемов выполняемых ими земляных работ; например, объем земляных работ в строительстве, выполняемых одноковшовыми экскаваторами, с 1970 г. по 1990 г. упал с 48 до 34%, а землеройно-транспортными машинами и экскаваторами непрерывного действия, соответственно, возрос с 37 до 43% и с 4 до 10%. Но одноковшовые экскаваторы незаменимы в районах, где побывал ледник, из-за каменистых включений в грунте.

Особенности развития нашей страны наложили отпечаток на развитие строительной техники. В дореволюционной России парк строительных машин составлял около 220 единиц. В основном это были экскаваторы, ленточные конвейеры, краны-укосины. Во время революционных событий, первой мировой и гражданской войн парк строительных машин был практически уничтожен. На строительстве Волховской ГЭС работал единственный в стране работоспособный паровой экскаватор.

Созданное в первые годы Советской власти Бюро Земмашин при ВСНХ наладило восстановление и ремонт имевшихся землеройных машин и обучение кадров машинистов. Первые крупные по тому времени экскаваторные работы были осуществлены на строительстве Кондопожской гидроэлектростанции в 1922 – 1925 гг., при сооружении двухкилометрового канала между озером Нига, соединенным с сетью карельских озер, и Онежским озером. Этими же экскаваторами производились земляные работы на первых советских стройках: Туркестано-Сибирской железной дороге (1927 г.), Днепровской гидроэлектростанции (1927 г.), Магнитогорском металлургическом комбинате (1929 г.).

На строительстве Днепрогэса бетонную смесь перемешивали и уплотняли ногами. Стройка в “лесах” – это обычная картина того времени. Кирпич поднимали на спине с помощью “козы”. Необходимо было создавать парк

строительных машин, но для разработки и создания крупных и малых машин не хватало специалистов и материальных ресурсов, поэтому был выбран курс на создание и выпуск строительных машин со средними эксплуатационно-техническими показателями, что могло позволить механизировать достаточно большие объемы работ.

В 1926 г. на Онежском заводе в г. Петрозаводске был организован выпуск грейдеров, скреперов, утюгов и другого оборудования. В СССР в 1931 на Ковровском заводе выпущены первые 15 железнодорожных экскаваторов с ковшом емкостью 1,9...2,3 м³. Там же одновременно готовились к выпуску гусеничных экскаваторов с ковшом 1,5 м³. В 1932 году парк экскаваторов СССР состоял лишь из 106 машин. С начала 30-х годов широко развернулось отечественное производство экскаваторов и других землеройных машин, в связи с чем их импорт стал быстро сокращаться и вскоре совсем прекратился. На строительные объекты и горные разработки пошли машины, изготовленные на УЗТМ, Ковровском, Николаевском и на других заводах. В результате к началу 1941 г. было выпущено 2500 экскаваторов (разных типов), 4000 скреперов, 2000 грейдеров и т.д.

Во время Великой Отечественной войны все заводы работали только для фронта. Перестройка промышленности на мирное строительство, начавшаяся в 1944 г., вернула к прежнему производству многие заводы, выпускавшие военную технику. В дальнейшем эти предприятия подверглись значительной реконструкции. Для восстановления разрушенного в годы войны необходимо было большое количество строительной техники, что требовало не только количественного увеличения выпуска строительных машин (табл. 1.1), но и их совершенствование, а также повышение эффективности.

Таблица 1.1

Выпуск строительных машин некоторых видов по годам (шт.)*

Года	1932	1940	1946	1950	1960	1970	1975	1977	1978
Экскаваторы	85	274	75	3540	12700	30979	39000	36869	41282
Бульдозеры	42	118	69	3788	11750	33131	51200	52161	44750
Скреперы	609	210	35	2089	3110	9334	13500	10922	12000
Автогрейдеры					3350	4580	6600	6814	6800
Прицепные грейдеры		316	—	695	1165	6670	—	—	—
Моторные катки		69	—	273	310	4250	—	—	—
Асфальтобетонные установки				160	324	670	—	—	—
Бетоносмесители	1104	1584	—	1600	10600	12460	—	—	—
Краны самоходные:									
автомобильные		—	116	—	—	14471	17835	16860	19250
гусеничные		—	—	—	—	820	515	67	590
пневмоколесные		—	—	—	—	1963	2450	1168	2584
башенные		—	—	—	—	2150	3950	3283	3900

* Прочерк означает отсутствие данных, а свободное место – отсутствие выпуска машин

В предвоенные годы были спроектированы и изготовлены первые советские строительные краны, в том числе и башенные, но их массовое

производство началось в послевоенные годы. Начался массовый выпуск грузовых автомобилей, значительное количество которых использовалось в строительстве как для транспортных работ, так и в качестве базы для строительных машин. За короткие сроки в стране выросли многие новые предприятия, что создало гораздо более мощную базу для выпуска строительных и дорожных машин и резко повысило их производство по сравнению с довоенным периодом. С 60-х годов почти весь огромный объем земляных работ выполняется с помощью машин.

Только в 1964 г. было организовано серийное производство 40 новых видов машин и оборудования: траншейных цепных экскаваторов ЭТЦ-161 с глубиной копания 1,6 м (на Таллинском экскаваторном заводе), одноковшовых экскаваторов Э-352А с ковшом емкостью 0,4 м³ на уширенном и удлиненном гусеничном ходу, скреперов Д-523 с ковшом емкостью 10 м³ и гидравлическим управлением для работы с трактором мощностью 140 л.с. (на Брянском заводе дорожных машин), скреперов Д-498А емкостью ковша 6...8 м³ с гидравлической системой управления и других машин. Создан промышленный образец землеройно-фрезерной машины ЗФМ-3000 с фрезой диаметром 2,5 м. Она весла всего 92 т, т.е. вдвое меньше пятикубового одноковшового экскаватора. Обладая производительностью 3000 м³/ч, эта машина может заменить 6...7 экскаваторов ЭКГ-4 с ковшами емкостью 5 м³.

К началу 80-х гг. XX в. выпуск строительных машин в СССР по годам и количественный рост их парка стабилизировался (табл. 1.2). В 1980 г. предприятия Минстройдормаша выпустили более 37 тыс. экскаваторов, 46 тыс. бульдозеров, около 10 тыс. скреперов. Качество и параметры современных машин для земляных работ несравнимы с машинами 1940-х годов. На стройках появились новые более производительные машины: универсальные гидравлические одноковшовые экскаваторы, многоковшовые экскаваторы для разработки траншей в мерзлых грунтах, скреперы с ковшом 15 м³, новые типы бульдозеров и рыхлителей и т.п.

Таблица 1.2

Состав парка основных строительных машин (в тыс. штук)

Года	Экскаваторы	Бульдозеры	Скреперы	Передвижные краны
1940	2,1	0,8	1,1	1,1
1950	5,9	3,0	3,0	5,6
1955	17,5	16,1	9,3	28,9
1960	36,8	40,5	12,2	55,0
1964	63,28	62	18,6	77,72
1965	69,2	68,5	20,1	83,3
1966	75,4	74,0	21,5	90,0
1967	81,0	79,1	22,7	96,6
1968	86,7	87,0	24,3	103,4
1969	96,0	93,0	25,9	110,8
1970	103,3	101,7	29,2	118,8
1971	110,4	109,3	31,2	127,8
1976	148,4	153,0	43,5	184,9
1980	~180	~180	~50	>200

В производстве строительной техники были достигнуты высокие количественные показатели, относительно низкая себестоимость и достаточно удовлетворительная ремонтпригодность, но машины имели невысокие экономические и неудовлетворительные эргономические, экологические и эстетические характеристики. Государственная монополия и массовое серийное производство машин сдерживали совершенствование машин и выпуск более мощных и производительных машин. Конкретными причинами, мешающими развитию конструкций машин, были высокие плановые задания и сложность перестройки конвейерных линий на машиностроительных заводах.

Как правило, предельно сжатые сроки проектирования новой техники не позволяли согласовывать между собой проекты различных машин, а также конструкции уже выпускаемых машин, что даже при разработке проектов машин высокого технического уровня приводило к огромному количеству типоразмеров конструктивных элементов и узлов машин, исключавшему их взаимозаменяемость. Так, например, в начале 80-х гг. в нашей стране выпускались дизельные двигатели, имеющие 70 типоразмеров пар «поршень – цилиндр»; не было даже двух марок отечественных автомобилей с одинаковыми болтами для крепления колес, а сельскохозяйственные машины имели 200 типоразмеров колес.

В результате возникла острейшая проблема – нехватка запчастей и, соответственно, неэффективное использование строительной техники. Из-за этого в начале 80-х гг. при двухсменной работе коэффициент сменности строительных машин составлял $\sim 0,6$, тогда как страны с рыночной экономикой уже с 50-х гг. начали выпускать машины, входящие в типоразмерные ряды, что позволяло уменьшить потребность в запчастях в 5...6 раз и снимало эту проблему.

Развитие отечественного парка строительных машин уже в начале 50-х гг. позволяло расширить их номенклатуру. Были выпущены первые шагающие экскаваторы с емкостью ковша 14 м^3 – уникальные для того времени машины, позволившие существенно ускорить строительство Волго-Донского канала. Появилась возможность перейти к разработке типоразмерных рядов машин и производству по заказу, а также к массовому выпуску механизированного инструмента, но монополизм госпредприятий тормозил этот процесс. Производство крупных машин было единичным, но они были уникальными.

В 1958 г. на Уральском заводе тяжелого машиностроения (УЗТМ) изготовлен шагающий драглайн с ковшом емкостью 25 м^3 и стрелой 100 м., в 1965 г. на Новокраматорском машиностроительном заводе (НКМЗ) – прямая лопата с ковшом 35 м^3 для крепких грунтов, в 1975 УЗТМ закончил изготовление шагающего драглайна с ковшом емкостью 100 м^3 и стрелой 100 м. Эти машины предназначались для разработки открытых месторождений.

Недостаточность выпуска механизированного инструмента, его качество и бесхозяйственное отношение к нему (при выпуске в начале 80-х гг. ~ 1 млн. штук в год столько же ежегодно и списывалось) привели к тому, что в начале 80-х гг. на одного рабочего у нас приходилось 0,2 кВт мощности, тогда как в ФРГ – 1 кВт, а в США – 5 кВт. Не разрабатывалось и не выпускалось

специализированное оборудование для капитального ремонта и реконструкции зданий, за исключением башенных кранов типа КБР, спроектированных и выпускаемых Ленинградским механическим заводом УКР (начало 80-х гг.), которые возможно монтировать во дворах-колодцах.

Результатом такой технической политики было то, что при уровне комплексной механизации строительных работ, превышающем 90%, 70...80% строительных рабочих были заняты на ручных операциях. Так, в 1980 г. из 9,8 млн. строительных рабочих 5 млн. выполняли ручные операции, а еще 2,4 млн. – вспомогательные.

Администрирование в определении технической политики не способствовало развитию творчества и тормозило внедрение прогрессивных технических разработок. И все-таки, вопреки этим условиям, наши инженеры создавали новые эффективные технические решения, часто опережающие мировой уровень, но они, как правило, не внедрялись. Только некоторые из них имели внедрение в виде опытно-промышленных образцов. Традиционно при разработке серийных машин человек, по сути, рассматривался как приставка к машине, а на условия его труда и на то, как воздействует строительная техника на окружающую среду, не обращалось достаточного внимания. Главными факторами считались только функциональное назначение машины, и ее эксплуатационная производительность.

Необходимо было как увеличение мощностей машин, так и увеличение выпуска средств малой механизации с повышением их эффективности, качества, надежности, унификации узлов и деталей. Необходим переход к выпуску типоразмерных рядов машин. Вновь создаваемые машины должны быть более экологичными и эргономичными, т.е. более гуманными. Лауреат Нобелевской премии Пригожин И.Р. считает, что гуманность должна пронизывать все науки, т.е. каждая из них должна иметь мерой человека.

Развитие промышленности и острая потребность в жилье требовали постоянного увеличения объемов и темпов строительства, что вместе с ростом парка строительных машин, особенно подъемных кранов, привело к коренной перестройке строительства, начавшейся в 50-е гг., и к изменению: 1) строительных материалов; 2) конструктивных элементов; 3) технологий строительных работ и строительной техники. Основным строительным материалом становится железобетон. Конструктивные элементы укрупняются от кирпича и блока до крупных панелей и объемных элементов. Строительство становится индустриальным; большинство стройплощадок превращаются в монтажные площадки. Заводское производство сборных ЖБК становится неотъемлемой частью строительства.

Применение бетона имеет давнюю историю; он обнаружен в раскопках на территории Месопотамии и Древнего Рима. Высокие надежность, долговечность, стойкость к воздействию высоких температур и агрессивных сред, технологичность дали применению железобетонных конструкций вторую жизнь в конце XIX в., когда уровень развития технологий и строительной техники сделали эффективным их массовое применение. В России широко применять бетон и железобетон начали в 80-е годы XIX в. Возводились

монолитные здания, портовые сооружения, мосты. Несмотря на примитивную технику и высокую трудоемкость, уровень организации работ по возведению ЖБК был достаточно высок, что обеспечивало сжатые сроки строительства. Например, в начале XX века в с. Теткино шестизэтажная мельница из монолитного железобетона была построена за 6 недель, а монолитный железобетонный мост в Чернигове длиной 248 м сооружен за 2 месяца. В это время на 1 м³ бетона расходовалось более 150 кг арматурной стали (~ 10% проката) и более 0,7 м³ леса (на опалубки).

До начала 50-х гг. основной объем железобетонных конструкций (ЖБК) составляли монолитные, а сборные изготавливались в малых объемах на стройдворах у мест монтажа, на полигонах или на малочисленных заводах. Производство строительных кранов только начиналось, что также ограничивало применение сборных ЖБК.

В течение 1954...1965 гг. в нашей стране было построено более 4 тыс. предприятий сборных ЖБИ и ЖБК, ДСК, КЖИ. К 1965 г. их стало 4628 и работало на них 566 тыс. рабочих. Если в 1950 г. из общего объема бетона и железобетона 16,4 млн. м³ на сборный приходилось 1,3 млн. м³, то в 1954 г. объем сборных ЖБК составил 3 млн. м³, монолитных – 22 млн. м³. С этого года начинается бурный рост объемов выпуска сборных ЖБК. В 1958 г. выпущено 18 млн. м³ сборных ЖБК, в 1960 г. – 32 млн. м³, в 1965 г. – 55 млн. м³ (монолитных – 36,5), в 1970 г. – 90 млн. м³ (монолитных – 37), в 1975 г. – 114 млн. м³ (монолитных – 70,5), в 1980 г. – 121 млн. м³, в 1985 г. – 135 млн. м³, в 1987 г. – 148 млн. м³ (монолитных – 112). С началом перестройки и, особенно, ускоренной приватизации рост выпуска сборных ЖБК сократился, а затем многие предприятия пришли в упадок. В настоящее время выпуск сборного железобетона снова возрастает, т.к. монтаж зданий и сооружений более производителен по сравнению с возведением монолитных конструкций.

Одной из прогрессивных форм явилась система домостроительных комбинатов (ДСК), зародившаяся в Ленинграде и нашедшая признание не только в СССР, но и во многих зарубежных странах; например, датская фирма «Ларсен-Нильсен» имела свои ДСК в ряде стран Европы. ДСК имеет предприятие для производства ЖБК и выполняет строительные работы по возведению жилых или гражданских зданий.

Динамика роста выпуска сборных ЖБК в СССР отражает не только потребность в них, но и характеризует волевые методы административно-командной системы. Так, в 1970 г. был запланирован выпуск 120 млн. м³ сборных ЖБК, что превышало возможности заводов, при этом в приказном порядке закрывались кирпичные заводы. В 50-е гг. на 1 м³ железобетона расходовалось ~ 100 кг арматуры, с середины 60-х до конца 70-х гг. ~ 90 кг (более 10% проката), а с середины 80-х гг. ~ 55 кг (~ 12% стального проката). Повышение прочности арматурной стали потребовало совершенствования машин для арматурных работ.

Уже к концу 60-х гг. объемы строительства достигли таких масштабов, при которых экстенсивные методы исчерпали себя, но потребовалось около 20 лет на то, чтобы была объявлена программа «Интенсификация – 90»,

превратившаяся в очередную кампанию. Так, например, решение о повышении эффективности предприятий за счет их реконструкции с целью уменьшения объемов нового промышленного строительства привело к обратному. В 1987 г. было заложено (и не построено) 3700, а за 8 месяцев 1988 г. – еще 3200 новых предприятий ради получения средств на капитальное строительство. Затраты на них способствовали развалу действующей промышленности.

В разделе «Строительство» программы «Интенсификация–90» было намечено выполнение заданий по четырем направлениям: 1) автоматизация управления производством на основе создания АСУ ТП в промышленности строительных материалов; 2) механизация, автоматизация и роботизация строительного производства; 3) автоматизация процессов проектирования; 4) создание и развитие автоматизированных систем организационно-экономического управления.

Пункты 1 и 4 можно прокомментировать словами одного из 3-х учителей «японского экономического чуда» крупного американского специалиста по менеджменту П. Друкера, считавшего, что компьютеризованная система «вовсе не обязательно требует сложной техники; главное – кому, когда и какая нужна информация». «Преимущество этой системы достигается лишь при взаимопонимании, взаимодоверии и взаимоуважении. Необходим общий язык в отличие от традиционной организации, где достаточно только материального стимулирования. Если в учреждении, отдельные звенья которого не связывает ничего кроме материальной заинтересованности, внедрить информационные системы, оно рухнет подобно Вавилонской башне. Если нет даже связи, основанной на материальной заинтересованности, то это приводит к порче дорогостоящего оборудования, вынужденного ждать своего часа под открытым небом». Реализация п. 2 возможна на основе фундаментального подхода при совершенствовании технологических процессов и оборудования, а п. 3 – при внедрении «открытой» методологии.

Сложилось мнение, что основой интенсификации должны стать роботизация и внедрение гибких автоматических линий. Это важно, но не должно быть самоцелью, как, например, в цехе закладных частей Парнасского производства ПСМО ДСК-2 в Ленинграде, где вместо внедренного по программе «Интенсификация – 90» робота для подачи стальных пластин под пресс, достаточно было бы иметь направляющие с толкателем, подвижным упором и конечным выключателем, управляющим работой прессы. Для эффективной роботизации этой операции изготовления закладных частей необходимо было изменить конструкцию закладных частей и технологию их изготовления (штамповка и изменение вида сварки), а не подбирать серийный робот-манипулятор с большим количеством степеней свободы.

Развитие конструкций машин для заводского изготовления ЖБК привело к совершенствованию аналогичного оборудования для монолитного строительства и увеличению темпов его развития.

Строительный комплекс в последнее время существенно изменил технологию возведения жилых домов. Доля крупнопанельного домостроения в настоящее время составляет 15% от общего объема. В основном сооружаются

кирпично-монолитные, кирпичные и монолитные здания. Но даже при возведении кирпичных зданий необходимы железобетонные сваи, фундаменты, перекрытия, лестничные марши, балконные плиты и пр. Несмотря на то, что в настоящее время многие заводы сборных ЖБК прекратили свое существование или превратились в бетоносмесительные заводы, железобетон является и остается на обозримое будущее основным строительным материалом.

Эти изменения в конструкциях зданий и технологии их возведения выдвинули новые требования к ведущим машинам на строительных объектах – к башенным кранам. Рост этажности новых зданий требует повышения скорости подъема груза башенными кранами.

Рассмотрим эти изменения на примере Санкт-Петербурга, где в 2004 г. ввели в эксплуатацию 2031972 м² жилой площади, а в 2005 г. – 2270000 м². Последний раз такой масштабный объем был достигнут Главленинградстроем в 1978 г.; тогда было сдано 2311000 м² жилья, из которого 70% были панельные жилые здания.

К 2005 г. парк башенных кранов Санкт-Петербурга составлял почти 600 единиц, тогда как в 1985 г. этот парк был около 1600 единиц, не считая кранов-погрузчиков – модификаций строительных башенных кранов. Рынок аренды поделен в основном между четырьмя УМ, и небольшую долю составляет парк «Северной высоты», состоящий из новых зарубежных кранов.

Основным башенным краном, строящим жилье в городе с 1974 года, был и остается КБ-503 и его модификации (Механический завод, СПб). Кран по своим параметрам опередил время и в течение 30 лет является ведущей машиной не только в Санкт-Петербурге, но и в Москве, Екатеринбурге, Челябинске, Харькове, Киеве, Минске – там, где возводятся дома до 16 этажей, при этом требуется грузоподъемность до 10 т и скорость подъема до 100 м/мин. Требования меняются. Если раньше 16 этажей было нормой, а здания выше (20...25 этажей) были единичными, то теперь норма 20 этажей и более, а компания ЛЭК намечает строительство 40-этажных зданий. В Санкт-Петербурге сейчас работают новые б/краны иностранных компаний «Liebherr», «Raimondi», «Potain», «Zappelin», а краны отечественного производства выработали срок службы до 25%. В УМ-1 закупают краны КБ-581 с высотой подъема груза 170 м. и готовы обеспечить высоту подъема груза до 259 м (70 этажей). Эти краны выпускаются с 2005 г. ОАО «Механический завод» (СПб, предприятие группы КОНРАД).

Развал СССР и ускоренная приватизация привели к тому, что многие машиностроительные предприятия, выпускающие строительные и подъемно-транспортные машины, прекратили свое существование. Большинство строительных организаций предпочитают приобретать зарубежную технику. Но ряд заводов возрождается, появляются новые предприятия, выпускающие конкурентоспособные строительные и подъемно-транспортные машины.

1.2. Основные показатели механизации строительства

При разработке проектов строительного производства необходимо учитывать такие показатели как: уровень комплексной механизации ($Y_{\text{км}}$), механовооруженность (M), энерговооруженность (Ξ).

Уровень комплексной механизации отражает использование машинных комплексов (табл. 1.3):

$$Y_{\text{км}} = \frac{Q_{\text{км}}}{Q} 100\%,$$

где Q – объем работ в натуральном выражении.

Таблица 1.3

Рост уровня комплексной механизации в СССР ($Y_{\text{км}}$)

Виды работ	1950	1960	1970
Земляные	63	90,3	98
Строительно-монтажные	73	86,6	95,8
Приготовление бетонных смесей	55,3	79	96,5
Погрузо-разгрузочные	50,5	78	92,5
Строительство дорог	–	75	92,5

Механовооруженность характеризует парк строительных машин:

$$M = \frac{C}{O} 100\%,$$

где C – стоимость строительных машин без транспортных средств; O – годовой объем строительно-монтажных работ в руб.

В СССР в 1950 г. механовооруженность была $\sim 10\%$, а в 1964 г. $\sim 13,4\%$. Высокое значение M повышает стоимость строительства.

Энерговооруженность (Ξ) – отношение мощности двигателей (D) всех машин к среднесписочному числу рабочих (P):

$$\Xi = \frac{D}{P}, \text{ (кВт или л.с.)}.$$

Основным технико-эксплуатационным показателем строительных машин является их производительность, определяемая количеством продукции или перемещенного груза, выраженной в определенных единицах измерения (t , m^3 , m^2 , m длины и т.д.), которую машина вырабатывает (перерабатывает) или перемещает за единицу времени – час, смену, месяц или год. Различают три категории производительности машин: конструктивную, техническую и эксплуатационную.

Конструктивная производительность Π_k – максимально возможная производительность машины, полученная за 1 ч непрерывной при расчетных условиях работы, скоростях рабочих движений, нагрузках на рабочий орган с учетом конструктивных свойств машины и высокой квалификации машиниста.

Для машин периодического действия

$$\Pi_k = qn \quad \text{или} \quad \Pi_k = qnr,$$

где q – расчетное количество материала, вырабатываемого машиной за один цикл работы, m^3 или t ; n – расчетное число циклов работы машины в час, $n = 3600/T_{\text{ц}}$; $T_{\text{ц}}$ – расчетная продолжительность цикла, с; ρ – плотность материала, t/m^3 .

Для машин непрерывного действия при перемещении насыпных материалов сплошным непрерывным потоком

$$\Pi_k = 3600Av \quad \text{или} \quad \Pi_k = 3600Av_p,$$

где A – расчетная площадь поперечного сечения потока материала, неизменная на всем пути перемещения, м^2 , v – расчетная скорость движения потока; м/с .

При перемещении штучных грузов и материалов отдельными порциями

$$\Pi_k = \frac{3600mv}{l} \quad \text{или} \quad \Pi_k = \frac{3600q_p v_p}{l},$$

где m – масса груза, т ; q_p – количество (объем) материала в одной порции, м^3 ; l – среднее расстояние между центрами грузов (порций), м .

При расчете конструктивной производительности не учитываются условия производства работ и перерывы (простои) в работе машины – технологические (связанные с технологией производства работ), организационные (связанные с организацией работ), по метеорологическим условиям и случайные.

Конструктивную производительность используют в основном для предварительного сравнения вариантов проектируемых машин, предназначенных для выполнения одного и того же технологического процесса. Эта производительность является исходной для расчета производительности машин в реальных условиях эксплуатации.

Техническая производительность Π_T – максимально возможная производительность машины данного типа, которая может быть достигнута в конкретных производственных условиях с учетом конструктивных свойств и технического состояния машины, высокой квалификации машиниста и совершенной организации выполняемого машиной технологического процесса за 1 час непрерывной работы

$$\Pi_T = \Pi_k K_y,$$

где K_y – коэффициент, учитывающий конкретные условия работы машины.

Так, конкретными условиями работы одноковшовых экскаваторов являются категория разрабатываемого грунта, высота (глубина) забоя, требуемый угол поворота рабочего оборудования в плане, условия разгрузки ковша (в отвал или в транспортные средства). Часовая техническая производительность указывается в технической документации машины – паспорте, инструкции по технической эксплуатации.

Эксплуатационная производительность определяется реальными условиями использования машины с учетом неизбежных перерывов в ее работе, квалификации машиниста и может быть часовой, сменной, месячной и годовой.

Часовая эксплуатационная производительность

$$\Pi_{\text{э.ч}} = \Pi_T K_{\text{в.см}} K_M,$$

где $K_{\text{в.см}}$ – коэффициент использования машины по времени в течение смены, учитывающий перерывы на техническое обслуживание и ремонт машины, смену рабочего оборудования, передвижку машины по территории объекта, потери времени по метеорологическим условиям, отдых машиниста и др.; $K_M = 0.85 \dots 0.95$ – коэффициент, учитывающий квалификацию машиниста и качество управления.

$$K_{в.см} = \frac{(T_{см} - \sum t_{п})}{T_{см}},$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, (ч); $\sum t_{п}$ – суммарное время перерывов в работе машины за смену, (ч).

Сменная эксплуатационная производительность:

$$\Pi_{э.см} = T_{см} \cdot \Pi_{э.ч}.$$

При расчете месячной и годовой производительности учитываются простои в работе машины за соответствующий период времени.

Годовая эксплуатационная производительность:

$$\Pi_{э.год} = 365 \Pi_{э.см} \cdot K_{в.год} \cdot K_{см},$$

где $K_{в.год}$ – коэффициент использования машины по времени в течение года; $K_{см}$ – коэффициент сменности.

$$K_{в.год} = \frac{T_{год}}{365} = \frac{(365 - t_{в} - t_{рем} - t_{пр})}{365},$$

где $T_{год}$ – количество дней работы машины в году; $t_{в}$ – количество выходных и праздничных дней; $t_{рем}$ – количество дней, необходимое для выполнения текущего, среднего и капитального ремонтов; $t_{пр}$ – продолжительность простоев организационных и по метеорологическим причинам.

Годовая эксплуатационная производительность является нормой выработки, закладываемой в планах строительных организаций. Эксплуатационная производительность является главным рабочим параметром, по которому подбирают комплекты машин для комплексной механизации технологически связанных процессов в строительстве. В комплект машин входят согласованно работающие: основная (ведущая – выполняющая наиболее трудоемкие операции) и вспомогательные машины, взаимно увязанные по производительности. Эксплуатационная производительность основной машины $\Pi_{э.о}$ должна быть равной или несколько меньшей (на 10...15%) эксплуатационной производительности вспомогательных машин $\Pi_{э.в}$. Поскольку условия работы машины случайны, эксплуатационная производительность является тоже случайной величиной. Если известны вероятности появления различных условий работ, то можно вычислить математическое ожидание эксплуатационной производительности. Обычно этот параметр рассчитывают по ранее полученным фактическим данным с необходимой корректировкой на изменившиеся условия работ.

Повысить эксплуатационную производительность машины можно двумя путями: организационными мероприятиями, уменьшающими потери рабочего времени, и конструктивными решениями, улучшающими технологический процесс. К конструктивным решениям относят улучшение приспособленности машины к конкретным условиям за счет использования сменного рабочего оборудования, специальных конструкций узлов, микроклимата кабины и т.п. Рациональная конструкция машины позволяет улучшить технологию работ, снизить энергоемкость рабочих процессов, облегчить труд операторов и вспомогательных рабочих. Например, если конструкция автогрейдера

допускает разворот отвала на 180° , то исключаются технологические перерывы на возвращение машины задним ходом к месту начала работ.

Производительность машин в значительной степени зависит от их технических показателей, которые характеризуют конструкцию машин. Важными параметрами являются мощность машины, размер ее рабочего органа, например, вместимость ковша экскаватора, длины отвала бульдозера, рабочие скорости.

Мощность установленных на машине двигателей в значительной степени определяет её производственные возможности. Удельная мощность на единицу массы или размера рабочего органа достаточно четко характеризует техническую производительность машины.

Среднегодовая потребность в машинах (M) для выполнения заданного объема определенного вида работ

$$M = \frac{Q_{\text{общ}} Y}{100 \Pi_{\text{э.год}}},$$

где $Q_{\text{общ}}$ – общий объем соответствующего вида работ (в физических измерениях), подлежащий выполнению в течение года; Y – доля (в %) объема работ, выполняемая машинами данного вида, в общем объеме работ соответствующего вида.

1.3. Требования, предъявляемые к строительным машинам и их эксплуатации

В условиях рыночных отношений сложились следующие варианты механизации строительных работ: 1) строительная организация имеет собственную технику и базу для ее технического обслуживания и ремонта; 2) строительная фирма берет в аренду технику вместе с машинистами; 3) крупное специализированное управление механизации выполняет подрядные строительные работы.

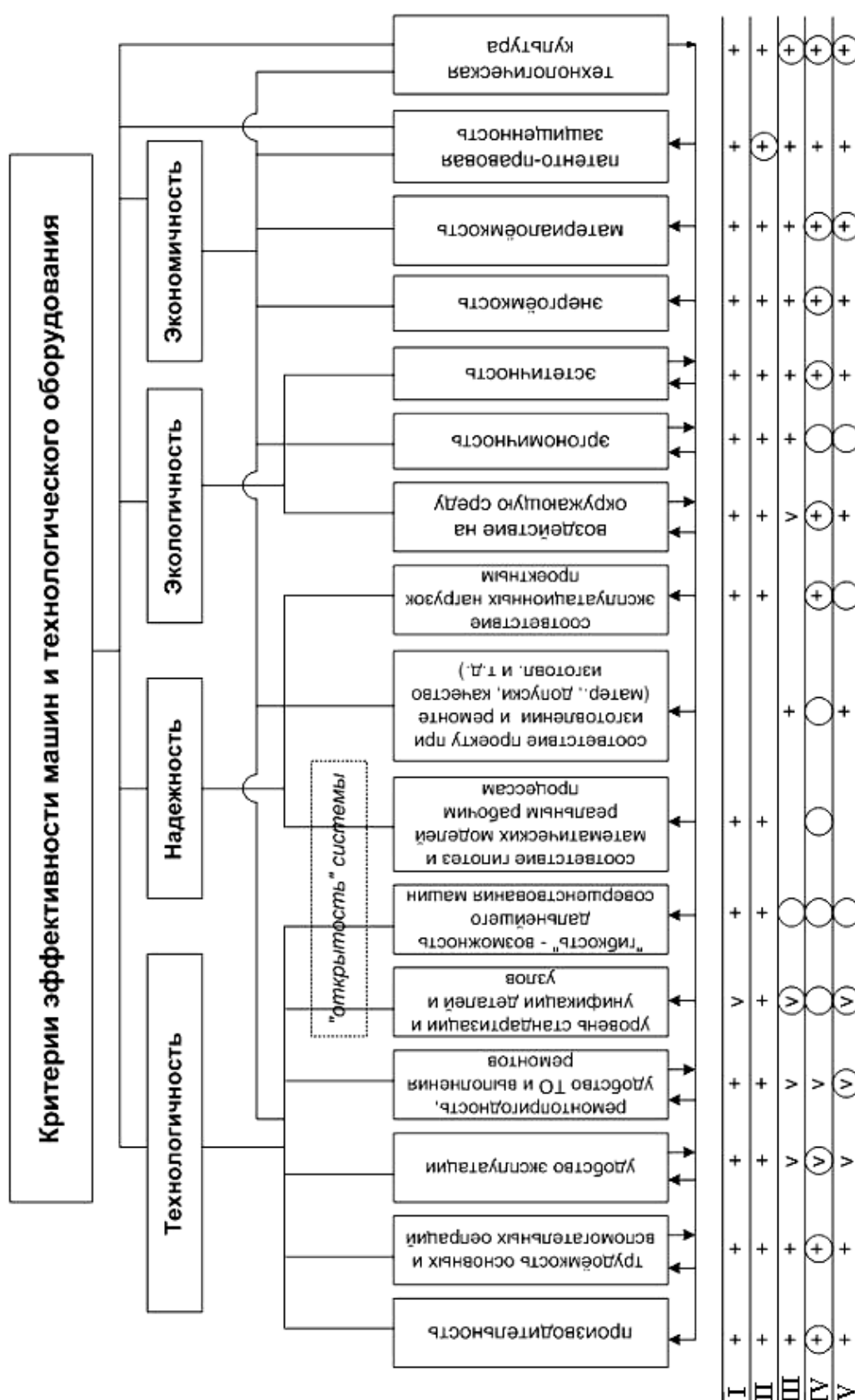


Рис. 1.1. Система критериев эффективности машин и технологического оборудования и зависимость эффективности от уровней профессионализма и культуры исполнителей на каждом этапе жизненного цикла машины
 (этапы: I - научные исследования; II - инженерные разработки и проектирование; III - изготовление; IV - эксплуатация; V - эксплуатация; взаимосвязи критериев: + - зависит от критерия; V - зависит слабо; ○ - критерий влияет на эффективность работы)

Рациональная эксплуатация строительных машин предусматривает их полное использование с минимальным числом простоев. Простои машин бывают двух видов: 1) вызванные техобслуживанием и ремонтом машин, 2) возникшие из-за нерациональной организации строительных работ, а также из-за несвоевременного снабжения машин горючим и т.п. Для того чтобы от

механизированных строительных работ добиться желаемых результатов и требуемого производственного эффекта, необходимо, чтобы вся организация работ была бы самым серьезным образом продумана с детальным изучением конструкции машин и рациональных методов их эксплуатации.

Выбор наиболее эффективных строительных машин, а также составление задания на создание специализированной новой машины определяются критериями эффективности машин, обобщенными на рис.1.1 в виде системы, которую необходимо рассмотреть целостно и проанализировать технические характеристики выбираемой машины с позиции каждого критерия. Все представленные на схеме критерии взаимосвязаны и, даже рассматривая каждый из них отдельно, нужно учитывать влияние на него других критериев.

Приведенные на схеме четыре группы критериев раскрыты очень обобщенно. Например, теоретическая, техническая и эксплуатационная производительности существенно различаются. Под вспомогательными процессами подразумевается не только подготовка к работе и настройка машины, но и, при необходимости, ее транспортировка. Удобство эксплуатации зависит от многих факторов, как и все остальные критерии.

Такой экологический критерий, как воздействие на окружающую среду включает: 1) наличие выбросов, отходов и брака в производстве; 2) отрицательное воздействие физических полей: вибрационных, электромагнитных, акустических и др.; 3) наличие в перерабатываемом материале вредных веществ (канцерогенных, ядовитых и т.п.). Все это вредно воздействует на здоровье людей.

Факторы, влияющие на экономичность производства, условно могут быть разделены на две большие группы, взаимовлияющие одна на другую: 1) объединяющая преимущественно объективные условия производства; 2) субъективное отношение каждого работника и всего коллектива к производственной деятельности, а также субъективное отношение вышестоящих руководителей и администраторов смежных служб к данному производству. Технологическая культура стоит на стыке объективных и субъективных факторов.

К объективным факторам относятся материально-техническая база, регулярность снабжения сырьем, соответствие заказов, планов и заданий возможностям предприятия, укомплектованность штата, взаимодействие с заказчиками и смежниками, и т.д. Но на все эти условия накладывают отпечаток субъективные отношения каждого исполнителя, отвечающего за результаты работы на своем участке. К субъективным факторам относятся: взаимоотношения в коллективе, стиль руководства и взаимоотношения между руководителями и подчиненными, забота о трудящихся, организация учета и контроля выполненной работы и дисциплины труда, расходования материала и инструмента, хранения готовой продукции и т.д.

Недооценка субъективных факторов приводит, например, к текучести кадров и, соответственно, к авариям строительной техники и несчастным случаям, к снижению производительности, ухудшению качества продукции и авариям зданий и сооружений в процессе их возведения, повышению затрат на

обучение. Из-за этого функциональные обязанности сотрудников четко не установлены, что приводит к неразберихе, дублированию, безответственности, перегрузке одних и прикрытому безделью других. Недооценка субъективных факторов возникает из-за педагогической и психологической безграмотности большинства руководителей.

Интересен, например, и такой критерий как «региональность», но он органически вписывается в другие критерии и поэтому не выделен на схеме (рис. 1.1). Например, в производстве ЖБК или при возведении монолитных железобетонных конструкций он может быть достаточно значимым. Использование местных материалов может повлиять на выбор технологии и машин, а, например, холодный климат предъявляет повышенные требования к толщине стен и материалу, к его теплоизоляционным свойствам, например к характеристикам ЖБК.

Традиционно надежность определяется прочностью, усталостной прочностью, износостойкостью и другими аналогичными факторами. Все эти факторы заложены в проектах машин, поэтому в рассматриваемой схеме критерий «надежность» охватывает три обобщенные подсистемы, отражающие глубинные причины реальной надежности: 1) соответствие изучаемых на этапе научного исследования моделей реальным процессам (I) и корректность их использования при проектировании (II); 2) соответствие проекту при изготовлении и ремонте машины (III, V); 3) соответствие реальных нагрузок в условиях эксплуатации проектным (IV).

Не только надежность, но и все критерии в той или иной степени зависят от уровня и качества выполнения работ на различных этапах «жизненного» цикла машины. В рассматриваемой системе (рис.1.1) принято пять этапов, так как шестой этап – утилизация не подлежащей ремонту машины – уже не имеет отношения к эффективности ее работы (связан только с факторами, не имеющими отношения к строительству, – экологичностью и трудозатратами при утилизации).

Научный этап (I) является определяющим и влияет на все критерии эффективности машин через их проекты (II) и изготовление (III), кроме критерия «соответствие проекту», зависящего от технологической культуры изготовителей и ремонтников. «Несоответствие эксплуатационных нагрузок проектным» может наблюдаться как нарушение технологии, но может иметь место и при нормальной эксплуатации, например, при недостаточной обоснованности математических моделей, используемых в расчете, как это имело место при расчете станка для резки арматурной стали модели С-370. В систему критериев (рис. 1.1) включено только то, что влияет на эффективность и качество машин; остальное является предметами рассмотрения других учебных дисциплин.

Уровень технологической культуры на III, IV, и V этапах оказывает непосредственное влияние на надежность машины и эффективность ее использования. Имеет место и обратное, условия производства и состояние технологического оборудования могут влиять на отношение к труду и уровень технологической культуры, что на I и II этапах может быть скрыто в методах

выполнения научных исследований и проектирования, а также в степени обоснованности математических моделей, принятых при разработке конструкций машин. Техническое обслуживание (IV) постоянно сопутствует производственной эксплуатации (V) и перемежается с ней; чем выше культура их выполнения, тем меньше затрат на ремонты (IV).

В нашей стране, в основном, применялась система планово-предупредительных ремонтов (ППР), характеризующаяся ремонтными циклами, которые определяются временем наработки. Сложность определения реальной наработки, нехватка средств и нарушение технологической дисциплины приводили к увеличению количества внеплановых ремонтов. Но имело место и обратное, когда по плану отправлялись в ремонт машины, не требующие ремонта.

В последнее время все шире начинает внедряться техническая диагностика с обезличенной заменой изношенных и неисправных узлов и деталей новыми или отремонтированными заранее. Диагностические комплексы должны стать основным элементом каждой системы «человек – техника – среда» (СЧТС) и обеспечивать не только требуемые эксплуатационно-технические характеристики машин, но и щадящее их воздействие на здоровье людей и окружающую среду.

Преодоление стереотипов позволяет принципиально по-новому взглянуть на некоторые проблемы. Так, можно существенно повысить надежность гидросистем строительных машин. Традиционный способ – очистка рабочей жидкости, но можно не допускать попадания в нее загрязнений из окружающей среды, герметизировав гидробак с сохранением в нем атмосферного давления. Это уменьшит износ внутренних поверхностей подвижных пар гидросистем и повысит производительность за счет увеличения межремонтных периодов.

Важны требования и к массе машины. Различают конструктивную, рабочую и транспортную массы машины. Рабочая масса равна сумме конструктивной массы и массы полной заправки горюче-смазочных материалов, экипажа и всего того, что необходимо для работы машины. Рабочая масса, технологические нагрузки, параметры строительной площадки, требуемая маневренность машины и несущая способность грунта определяют вид и конструкцию опорно-ходового устройства (рельсовый ход, гусеничный движитель, выносные опоры и т.п.). Транспортная масса обычно равна рабочей массе. В самоходных и прицепных колесных машинах транспортная масса ограничена допустимыми осевыми нагрузками. Для перевозимых машин масса ограничивается грузоподъемностью транспортных средств. При увеличении массы или габаритных транспортных размеров машин сверх допустимых пределов, их для перебазирования приходится разбирать.

Конструктивное совершенство машин характеризуется удельной массой, отнесенной к единице производительности, мощности или размерам рабочего органа. Задачу снижения этой величины можно решить при выполнении таких основных требований: 1) применение рабочих органов рациональной геометрической формы, оптимальных параметров металлоконструкций и оптимальных скоростных режимов, на основе понимания физической сущности

рабочих процессов машин, а также работы механизмов и металлоконструкций; 2) наибольшее соответствие рабочего оборудования машины условиям ее работы, например характеру грунта для землеройных машин; 3) соответствие конструкции машины и ее рабочего оборудования условиям использования – северным, тропическим и т.п.

Машина, специально спроектированная для работы в специфических условиях, более надежна и производительна при эксплуатации в этих условиях, чем любая другая. Кроме того, в ней можно создать более комфортные условия для обслуживающего персонала.

Конструкция машины, ее форма и интерьер кабины управления должны соответствовать требованиям эргономики и производственной эстетики, которые заключаются в основном в обеспечении безопасности труда при эксплуатации машины, легкости и удобстве управления машиной и ее обслуживания, а также автоматизации процессов управления машиной и учета ее работы, если это возможно. Исследования показали, что выполнение эстетических требований повышает производительность.

Требования к выполнению вспомогательных операций – малая трудоемкость, надежность, быстрота, легкость и простота, их выполнения, закладываются при разработке конструкции машины, при этом должны быть гарантированы надежность и качество выполнения основного технологического процесса, а также безопасность работы машины и выполнения вспомогательных операций.

Транспортные требования так же рассматриваются при проектировании машины. Они заключаются в обеспечении минимальных затрат времени и других ресурсов на транспортирование машин. Эти требования наиболее важны для небольших машин, выполняющих рассредоточенные работы. Основным транспортным требованием является высокая мобильность машины – способность машины после окончания работ на одном объекте быстро переместиться на новый объект и за короткое время начать там работу. Машина должна обладать высокой скоростью перемещения и проходимостью. Кроме того, затраты ресурсов на подготовительные и вспомогательные работы при транспортировании машин (монтажно-демонтажные, погрузочно-разгрузочные и др.) должны быть минимальными.

Требуемая транспортная скорость машины не однозначна. В принципе, чем она выше, тем машина лучше. Однако для увеличения ее транспортной скорости требуется применять специальное ходовое оборудование, уменьшать массу машины, увеличивать мощность двигателя. Например, транспортная скорость в 40 км/ч обеспечивается у пневмоколесных машин при удельной мощности 9...12 кВт/т. Для выполнения рабочих операций такая удельная мощность, как правило, не требуется. Поэтому при выполнении основных рабочих операций мощность двигателя недоиспользуется или приходится устанавливать два двигателя – рабочий и транспортный.

Проходимость машин – это способность их передвижения без принятия каких-либо специальных мер по дорогам и вне дорог; она подразделяется на геометрическую и тяговую. Геометрическая проходимость характеризуется

соответствием показателей машины геометрическим параметрам дорог (ширины пути перемещения, радиусов кривых, величины неровностей и др.). Тяговая проходимость определяется возможностью движения машины, обладающей определенными тяговыми свойствами на конкретных дорогах. Эта возможность может лимитироваться продольным уклоном дороги, несущей способностью ее покрытия, коэффициентом сцепления его с двигателем и другими величинами.

Чрезвычайно важным является такое требование надежности, как безотказность, которая закладывается на стадиях исследования, проектирования, изготовления машины и обеспечивается, например, приборами ограничения грузоподъемности, грузового момента, а также муфтами предельного крутящего момента. Недостаточная надежность частично компенсируется таким качеством, как ремонтпригодность.

Технико-экономические показатели любой машины зависят от ее параметров, определяемых конструкцией машины и от условий эксплуатации, которые могут быть случайными.

Эффективность использования машин зависит от размеров рабочих органов, определяющих их положение в пространстве (например, высота копания грунта экскаватором). С увеличением размеров рабочих органов растут потребляемая мощность и масса машины. Поэтому размеры рабочих органов принимают минимально необходимыми для эффективного выполнения машиной ее назначения.

Кроме рабочих большое значение имеют габаритные размеры, которыми называют максимальные размеры машины по длине, высоте, ширине. Эти размеры определяют возможность перебазирования машин без их разборки.

Большая группа параметров характеризует транспортные качества машин. К этой группе относится база – расстояние между осями крайних ходовых колес, дорожный просвет – расстояние между самой нижней точкой машины и поверхностью дороги и др.

1.4. Экономическое обоснование выбора комплекта машин

В зависимости от организации строительных работ, технологии их выполнения, региона, расстояния доставки строительных материалов, а также от состояния фирм, владеющих строительной техникой, и других факторов стоимость механизации строительных работ может значительно отличаться. На нее влияют экономические отношения, инфляция, изменения цен на технику, запчасти, горюче-смазочные материалы, электроэнергию, уровень оплаты труда, от которого зависит не только материальное благополучие работников, но и их психологическое состояние, отношение к труду и к технике. Возможны непредсказуемые изменения (нестабильность), затрагивающие устойчивость фирмы и нарушающие достигнутый в договорах баланс интересов заказчиков и строительной фирмы, что может привести к потере управляемости. Обязательным условием деятельности строительной фирмы является такой производственный процесс, когда интересы потребителей, производителей и государственных органов сбалансированы. Повышение управляемости

строительной фирмы или управления механизации достигается на основе самоорганизации административно автономных и взаимозависимых участников производства строительных работ.

В данном случае сутью самоорганизации является признание значительной экономической и юридической самостоятельности хозяйствующих субъектов, участвующих в создании строительной продукции, в установлении связей между производителями строительной продукции, потребителями и инвесторами на основе свободного выбора. Аналогичные взаимоотношения должны быть между строительными фирмами и управлениями механизации.

Для облегчения согласования интересов строительных организаций и органов власти первые объединяются в общественные организации, которые являются своего рода доверительным лицом по корректировке правил инвестиционного строительного комплекса. Успешность и эффективность работы таких объединений и входящих в них фирм возможны только при наличии высокого уровня культуры во всех сферах их деятельности: в технологии строительного производства и эксплуатации машин, в организации и управлении производством, в экономической сфере, экологии и т.д. Необходимо взаимопонимание, взаимодоверие и взаимоуважение в трудовых коллективах и между входящими в такие объединения фирмами. Полная управляемость имеет место при достижении равновесия, когда каждый собственник ресурсов получает выгоду от обмена собственных затрат на прогнозируемый результат, а взаимозависимость, правильно осознанная и поддерживаемая всеми участниками такой системы, переходит во взаимодействие на основе принципов самоорганизации.

Стремление к достижению собственного результата без учета интересов других участников снижает управляемость, что может привести к нарушению договорных обязательств и переходу в диапазон кризисной управляемости, вплоть до объявления банкротства.

Важна экономическая диагностика: отслеживание и распознавание нарушений экономических пропорций обмена (объем СМР, финансовый и временной ресурс), своевременное отслеживание положения управляемости фирмы. Это осложняется многообразием реальных ситуаций и взаимодействий.

Один из трех первых учителей “японского экономического чуда”, крупный специалист по менеджменту П. Друкер считал, что людьми не надо «управлять», задача — направлять людей и сделать максимально производительными специфические навыки и знания каждого отдельного работника.

Менеджмент должен быть оперативным и охватывать весь процесс целиком. Он должен ориентироваться на результат и эффективность на всех этапах экономической цепочки, а результат деятельности любой организации существует только за ее пределами, во внешней среде. Для этого необходимо уметь целостно оценивать весь технологический процесс, связывая его с состоянием машин и всего технологического оборудования.

Экономические показатели, зависящие от многих характеристик машин, являются наиболее обобщенными – универсальными. С их помощью можно сравнивать самые разнообразные машины, определять целесообразность и сроки окупаемости новой техники, получать характеристики эффективности использования машин. Использование строительных машин, будет эффективным в тех случаях, когда они выполняют наибольшие объемы работ при наименьших затратах. К экономическим показателям относят стоимость машины, которая в известной мере является функцией ее массы, срок амортизации и др. Наиболее обобщенной экономической характеристикой является себестоимость единицы продукции машины, которая зависит от ее производительности, расходов на заработную плату, на техническое обслуживание и ремонты, эксплуатационные материалы, то есть буквально от всех показателей машины. Обобщенной характеристикой эффективности использования машины следует считать приведенные затраты на единицу продукции. Этот показатель является решающим при выборе машины и варианта ее использования, обоснования экономии, получаемой от внедрения новой машины и других технико-экономических расчетов.

В общем виде приведенные затраты выражают формулой:

$$\Pi_{\text{пр}} = \Pi_{\text{год}} + E_n K, \quad (1.4.1)$$

где $\Pi_{\text{год}}$ – расчетная себестоимость годового объема продукции машины; E_n – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений ($E_n = 0,12$); K – капиталовложения на создание машины.

Эффективная работа машины характеризуется тем, что приведенные затраты имеют минимальное значение. Для этого необходимо, чтобы производительность машин была максимальной. Затраты времени и других ресурсов на перемещение машин между объектами работ должны быть минимальными, а расход энергии, эксплуатационных материалов, инструментов при работе машин, а также затраты времени и других ресурсов на ремонты и технические обслуживания машин – наименьшими. Управление машинами должно быть простым, а количество машинистов – минимальным. При расчете расходов по эксплуатации строительных и дорожных машин рассматривают следующие группы затрат, входящих в себестоимость машино-часа:

$$C_{\text{м.-ч}} = C_{\text{г}} + C_{\text{тек}} + C_{\text{ед}} + C_{\text{н.р}}, \quad (1.4.2)$$

где $C_{\text{г}}$ – годовые затраты; $C_{\text{тек}}$ – текущие затраты; $C_{\text{ед}}$ – единовременные затраты; $C_{\text{н.р}}$ – накладные расходы, (все в рублях).

Годовые затраты учитывают амортизационные отчисления на 1 маш.-ч работы и определяются по формуле:

$$C_{\text{г}} = \frac{A}{N_{\text{пл.н}}}, \quad (1.4.3)$$

где A – годовые амортизационные отчисления на реновацию, отчисления на капитальный ремонт, р.; $N_{\text{пл.н}}$ – планируемая наработка машины за год, маш.-ч.

$$A = \frac{Q_{\text{ц}} \cdot A_{\text{н}}}{100}, \quad (1.4.4)$$

где $Q_{\text{ц}}$ – рыночная цена машины, р.; $A_{\text{н}}$ – нормы амортизационных отчислений, %;

В состав текущих затрат включается: основная заработная плата машиниста; основная заработная плата рабочих, занятых на техническом обслуживании и ремонте машин (кроме капитального); затраты на топливо, смазочные, ремонтные и эксплуатационные материалы и запасные части. Текущие затраты рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{тек}} = C_{\text{з.м}} + C_{\text{р.р}} + C_{\text{р.э.м}} + C_{\text{т}} + C_{\text{см}} + C_{\text{р.ж}} + C_{\text{з.д}} + C_{\text{то.тр}}, \quad (1.4.5)$$

где $C_{\text{з.м}}$ – основная заработная плата машиниста, р., см. формулу (1.4.6); $C_{\text{р.р}}$ – основная заработная плата ремонтных рабочих за 1 час работы, р., см. формулу (1.4.7); $C_{\text{р.э.м}}$ – стоимость ремонтных и эксплуатационных материалов, р., см. формулу (1.4.9); $C_{\text{т}}$ – затраты на топливо для двигателей внутреннего сгорания строительных машин, р/кг, см. формулу (1.4.10); $C_{\text{см}}$ – затраты на смазочные материалы, р. определяются по формуле (1.4.12) или принимаются по рыночным ценам; $C_{\text{р.ж}}$ – затраты на рабочую жидкость для гидросистем машин, р/маш.-ч определяются по формуле (1.4.13) или принимаются по рыночным ценам; $C_{\text{з.д}}$ – затраты на замену быстроизнашивающихся частей, включая оплату труда рабочих, р.; $C_{\text{то.тр}}$ – затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт без оплаты труда ремонтных рабочих, р.

$$C_{\text{з.м}} = 1,25 \cdot Z_{\text{т.с.м}} \cdot K_{\text{с}}, \quad (1.4.6)$$

где 1,25 – коэффициент, учитывающий премии к тарифной ставке машиниста; $Z_{\text{т.с.м}}$ – часовая тарифная ставка машинистов, р./ч; $K_{\text{с}}$ – средний коэффициент к тарифной ставке, учитывающий доплаты ($K_{\text{с}} = 1,11$).

$$C_{\text{р.р}} = 1,2 \cdot T_{\text{то.тр}} \cdot Z_{\text{т.с.р}} \cdot K_{\text{с}}, \quad (1.4.7)$$

где 1,2 – коэффициент, отражающий средний размер премий ремонтным рабочим, р.; $T_{\text{то.тр}}$ – трудоемкость ТО (техобслуживание) и ТР (текущий ремонт) на 1 час межремонтного цикла, чел.-ч/г, см. формулы (1.4.8); $Z_{\text{т.с.р}}$ – средняя часовая тарифная ставка ремонтных рабочих, р./ч; $K_{\text{с}} = 1,11$, см. формулу (1.4.6).

$$T_{\text{то}} = \frac{t_{\text{то}} \cdot N_{\text{то}}}{T_{\text{ц}}}, \quad T_{\text{тр}} = \frac{t_{\text{тр}} \cdot N_{\text{тр}}}{T_{\text{ц}}}, \quad (1.4.8)$$

где $t_{\text{то}}$, $t_{\text{тр}}$ – трудоемкость выполнения одного ТО и ТР на 1 час межремонтного цикла, чел.-ч/г; $N_{\text{то}}$, $N_{\text{тр}}$ – количество ТО и ТР за один межремонтный цикл, маш.-ч; $T_{\text{ц}}$ – межремонтный цикл машин, маш.-ч.

$$C_{\text{р.э.м}} = K_{\text{рем}} \cdot C_{\text{р.р}}, \quad (1.4.9)$$

где $K_{\text{рем}}$ – коэффициент перехода от заработной платы ремонтным рабочим к затратам на ремонтные, эксплуатационные материалы и запасные части ($K_{\text{рем}} = 0,19 \dots 0,22$).

$$C_{\text{т}} = \Pi_{\text{т}} \cdot Q_{\text{т}}, \quad (1.4.10)$$

где $\Pi_{\text{т}}$ – стоимость топлива, р./кг; $Q_{\text{т}}$ – часовой расход топлива на 1 маш.-ч работы машины, кг/маш.-ч.

$$Q_{\text{т}} = 1,03 \cdot 10^{-3} \cdot N_{\text{г}} \cdot g_{\text{у}} \cdot K_{\text{N}} \cdot K_{\text{д.в}} \cdot K_{\text{д.м}}, \quad (1.4.11)$$

где $N_{\text{г}}$ – номинальная мощность двигателя, л. с.; $g_{\text{у}}$ – удельный расход топлива при номинальной мощности, г / л. с.-ч; K_{N} – коэффициент, учитывающий изменение расхода топлива с учетом использования двигателя по мощности; $K_{\text{д.в}}$ – коэффициент использования двигателя по времени; $K_{\text{д.м}}$ – коэффициент использования двигателя по мощности.

$$C_{\text{см}} = K_{\text{см}} \cdot C_{\text{т}}, \quad (1.4.12)$$

где $K_{\text{см}}$ – коэффициент перехода от затрат на топливо к затратам на смазочные материалы ($K_{\text{см}} = 0,19 \dots 0,35$).

$$C_{p.ж} = \frac{V_{\Gamma} \cdot \gamma_{\text{м}} \cdot \Pi_{\text{м}} \cdot K_g}{t_{\text{м}}}, \quad (1.4.13)$$

где V_{Γ} – емкость гидросистемы машины, м^3 ; $\gamma_{\text{м}}$ – объемная масса рабочей жидкости для гидросистемы, $\text{кг}/\text{м}^3$; $\Pi_{\text{м}}$ – оптовая цена рабочей жидкости, $\text{р.}/\text{кг}$; K_g – коэффициент доливок рабочей жидкости в гидросистему ($K_g = 1,15$); $t_{\text{м}}$ – периодичность смены рабочей жидкости в гидросистеме машины, маш.-ч ($t_{\text{м}} = 3000$).

Единовременные затраты на 1 маш.-ч работы машины (р./маш.-ч) в общем виде определяются по формуле:

$$C_{\text{ед}} = \frac{C_{\text{п.х}} + C_{\text{м.дм}} + C_{\text{п.р}}}{T_{\text{о.ч}}}, \quad (1.4.14)$$

где $C_{\text{п.х}}$ – затраты на перебазировку машины, р. (перебазировка своим ходом, на прицепах-тяжеловозах и для пневмоколесных машин на прицепе автотягача); $C_{\text{м.дм}}$ – стоимость монтажа, демонтажа машин, р.; $C_{\text{п.р}}$ – стоимость погрузки и разгрузки машины, включая подготовительные работы, р.; $T_{\text{о.ч}}$ – общее число работы машины на определенном объекте, маш.-ч.

Если при перебазировке не нужны погрузка и разгрузка, монтаж и демонтаж (движение своим ходом), то в формуле последние слагаемые не учитываются. Затраты на перебазировку машин своим ходом определяются по формуле:

$$C_{\text{п.х}} = (C_{\Gamma} + C_{\text{т}}) \cdot t_{\text{п}}, \quad (1.4.15)$$

где $t_{\text{п}}$ – время перемещения машины своим ходом, ч.

$$t_{\text{п}} = S/v, \quad (1.4.16)$$

где S – расстояние при перемещении машины своим ходом, км; v – средняя скорость движения машины, км/ч.

Затраты ($C_{\text{п.п}}$) на перебазировку машины на прицепе-тяжеловозе, или на буксире, или в кузове автомашины определяются по формуле

$$C_{\text{п.п}} = C_{\text{з.э.м}} + S_{\text{э.м.т}}, \quad (1.4.17)$$

где $C_{\text{з.э.м}}$ – заработная плата экипажа машины (трейлера) или водителя машины, р; определяется по формуле (1.4.18); $S_{\text{э.м.т}}$ – стоимость эксплуатации машины или тягача, р; определяется по формуле (1.4.20).

$$C_{\text{з.э.м}} = (t_{\text{п.м}} + t_{\text{п.о}}) \cdot (S_{\text{ч.т.с}}^{\text{в}} + S_{\text{ч.т.с}}^{\text{т}}), \quad (1.4.18)$$

где $t_{\text{п.м}}$ – время на перевозку строительной машины, ч.; $t_{\text{п.о}}$ – время на погрузку и разгрузку или монтаж, демонтаж и ожидание автотранспорта, ч.; $S_{\text{ч.т.с}}^{\text{в}}$ – часовая тарифная ставка водителя машины, р/ч; $S_{\text{ч.т.с}}^{\text{т}}$ – часовая тарифная ставка такелажника р/ч.

$$t_{\text{п.м}} = \frac{2 \cdot L}{v_{\text{т}}}, \quad (1.4.19)$$

где L – расстояние, на которое перевозится строительная машина, км; $v_{\text{т}}$ – средняя скорость движения тягача, км/ч.

$$S_{\text{э.т.м}} = [1,13 \cdot (t_{\text{п.м}} + t_{\text{п.о}}) \cdot C_{\text{м.-ч.э}} + 2L \cdot C_{\text{д.п}}] \cdot K_{\text{д.п}} + T_{\text{в.к}} \cdot C_{\text{в.к}}, \quad (1.4.20)$$

где $C_{\text{м.-ч.э}}$ – стоимость 1 маш.-ч эксплуатации грузовых автомобилей, р.; $C_{\text{д.п}}$ – величина доплаты за пробег, р.; $K_{\text{д.п}}$ – коэффициент увеличения стоимости 1 авточаса при использовании специализированного автомобиля или прицепа ($K_{\text{д.п}} = 1,15$); $T_{\text{в.к}}$ –

продолжительность работы вспомогательного крана, маш.-ч; $C_{в.к}$ – себестоимость 1 маш.-ч работы вспомогательного крана, р.

В составе накладных расходов учитываются следующие группы и статьи затрат: 1) административно-хозяйственные расходы (на содержание аппарата управления, ремонт и содержание зданий, вневедомственную охрану, почтово-телеграфные операции); 2) расходы на обслуживание работников строительства (дополнительная зарплата рабочих, взносы на социальное страхование, затраты на охрану труда и технику безопасности); 3) расходы на организацию работ на строительных площадках (проектирование производства работ, содержание производственных лабораторий и др.).

Накладные расходы рассчитываются по нормам, установленным к прямым затратам на эксплуатацию строительных машин или к основной заработной плате рабочих. Норма накладных расходов принимается в размере 21% от общей суммы прямых затрат (единовременных, годовых, текущих). По данным расчета годовых, текущих, единовременных и накладных расходов составляется сводная калькуляция себестоимости эксплуатации строительных и дорожных машин в виде таблицы. На основе калькуляции определяется себестоимость эксплуатации машины в расчете на 1 маш.-ч, а также на единицу выполняемого объема механизированных работ.

В зависимости от характера мероприятий расчет экономического эффекта производится на различные единицы измерения и объемы работ.

Экономический эффект при внедрении механизации определяется как разность приведенных удельных затрат по эталонному и рассматриваемому варианту, умноженная на соответствующий объем работ, по формуле:

$$\mathcal{E} = O_m [(C_{ед.э} + K_{уд.э} E_n) - (C_{ед.н} + K_{уд.н} E_n)], \quad (1.4.21)$$

где $C_{ед.э}$ и $C_{ед.н}$ – себестоимость единицы работ соответственно по эталонному и новому вариантам механизации; $K_{уд.э}$ и $K_{уд.н}$ – удельные капитальные вложения по эталонному и новому вариантам механизации; E_n – см. формулу (1.4.1); O_m – годовой объем механизированных работ на объекте (при сравнении вариантов механизации); годовой объем принимается применительно к производительности новой машины (при ее сравнении с эталонной).

Если при выборе наиболее целесообразных вариантов механизации работ на объекте рассматривают по каждому из них комплекты машин переменного состава, то экономический эффект определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = \left(C_{о.э} + E_n \sum_{i=1}^n \frac{K_{эi} T_{о.эi}}{T_{год.эi}} \right) - \left(C_{о.н} + E_n \sum_{i=1}^n \frac{K_{ни} T_{о.ни}}{T_{год.ни}} \right), \quad (1.4.22)$$

где (соответственно вариантам механизации эталонному и новому – не эталонному) $C_{о.э}$ и $C_{о.н}$ – себестоимость работ на объекте; $K_{эi}$ и $K_{ни}$ – капитальные вложения в i -ю машину комплекта; $T_{о.эi}$ и $T_{о.ни}$ – число смен (часов) работы на объекте i -й машины комплекта; $T_{год.эi}$ и $T_{год.ни}$ – то же, в году.

В тех случаях, когда по виду работ, по которому выбирается наиболее целесообразный вариант механизации, имеется возможность установить цену на единицу работ или продукции процесса $\Pi_{ед}$, необходимо наряду с определением экономического эффекта по приведенным затратам выявить размер прибыли (убытка), обеспечиваемой каждым вариантом в случае его

применения, а для наиболее целесообразных вариантов – уровень рентабельности. Размер прибыли Π_0 или убытка определяется по формуле

$$\Pi_0 = O_m (\Pi_{ед} - C_{ед}). \quad (1.4.23)$$

При положительном значении Π_0 имеет место прибыль, при отрицательном – убыток.

Уровень рентабельности Y_p целесообразнее всего определять по формуле:

$$Y_p = \frac{\Pi_0}{C\Phi_i} \cdot \frac{O_{годi}}{O_m} = \frac{(\Pi_{ед} - C_{ед}) O_{годi}}{C\Phi_i}, \quad (1.4.24)$$

где O_m – объем работ данного вида на объекте; $C_{едi}$ – себестоимость единицы работ по i -му варианту; $C\Phi_i$ – стоимость активной части производственных фондов при i -м варианте механизации; $O_{годi}$ – годовой объем работ, который может быть выполнен при использовании фондов стоимостью $C\Phi_i$.

При отсутствии данных о цене продукции механизированного процесса можно условно принять, что себестоимость единицы продукции по эталонному варианту с добавлением установленного в строительстве размера плановых накоплений и является ценой продукции механизированного процесса и применительно к ней определять прибыль и уровень рентабельности, обеспечиваемые каждым из рассматриваемых вариантов.

Вариант, позволяющий получить наиболее высокий уровень рентабельности, и является наилучшим, а экономический эффект, обеспечиваемый этим вариантом, соответствует размеру получаемой прибыли.

Наиболее полно эффективность (умножающийся эффект) можно выявить при использовании целостного подхода, основные принципы которого сформулированы Н. Стефановым, назвавшим его мультипликационным. В настоящее время его называют **мультипликативным**. Он носит многоцелевой характер, в отличие от традиционных методов, имеющих одну цель (функциональную) – повышение производительности для получения экономического эффекта, и являющихся частью программно-целевого метода планирования и управления.

Эффект от внедрения новых разработок должен рассматриваться как «эмерджентный» или синергетический, т.е. связанный с наличием в сложных системах свойства целостности, которое присуще системе в целом, а не составляющим ее элементам. Синергизм – одновременное функционирование отдельных, но взаимосвязанных частей, обеспечивающих «самоорганизацию» и более высокую общую эффективность по сравнению с суммарной.

Экономику взаимосвязанных производств из различных областей надо рассматривать как единый организм, хотя бы в стыкующихся производствах. Не исключено, что новое техническое решение может оказаться локально не выгодным, но дающим большой мультипликационный эффект в других областях производства.

Особенности мультипликативного подхода определения эффективности:

- 1) мультипликативный эффект нарастает и умножается, в т.ч. и по мере развития системы;
- 2) мультипликативный эффект есть совместный эффект, существенно больший, чем суммарный;

3) мультипликативный эффект является интегральным эффектом в смысле, что он одновременно и метрический эффект в области производства, и не метрический в социальной области, в повышении культуры, духовности и т.д.

Полиморфность мультипликативного подхода заключается в том, что эффект проявляется как:

1) диффузионный эффект – распространение нововведения на другие области, вследствие чего происходит его мультипликация, но это не простой перенос нового в другую область, а сложный процесс расширения и конкретизации знаний, открытия новых явлений;

2) резонансный эффект – распространение лучеобразно или по цепочке производственных систем умножающего эффекта в соседние или более отдаленные области как вперед, так и назад по направлению взаимосвязей технологических процессов;

3) эффект стартового взрыва – цепная реакция в перспективе;

4) эффект сопутствующих возможностей (проявляется как промежуточный результат) – возникновение новых эффективных разработок в других научных или технических областях;

5) эффект акселерации – ускорение (прямая мультипликация), часто носящее пульсирующий характер; возникающие при этом паузы нужны для использования научно-технического результата;

6) мультипликация локального эффекта и локализация мультипликативного эффекта;

7) интегральный эффект, соединяющий в крупной проблеме эффекты всех видов.

Экономическая эффективность любого производства не рассматривалась. Кроме основного производства мультипликативный эффект распространяется в другие отрасли производства и области. Для расчета мультипликативного эффекта в других областях производства, влияние новшества на состояние окружающей среды и здоровье людей, в т.ч. и через мультипликативную передачу его в другие производства, необходим большой сравнительный статистический материал. Но даже при его отсутствии можно оценить положительное или отрицательное влияние новых техники, технологий, энергетических объектов и т.д. на операторов, на состояние окружающей среды и окрестных жителей, на изменение образа жизни.

1.5. Основные принципы классификации строительных машин и общие сведения о машинах

Машина представляет собой сочетание механизмов и несущих конструкций, состоящих из узлов и деталей, которые предназначены для выполнения определенной работы или для преобразования одного вида энергии в другой, что и определяет назначение машины.

Большое разнообразие машин не позволяет разработать их классификацию, но возможно осуществить разбивку их на укрупненные группы. Наибольший интерес представляет разделение машин по их

назначению. При этом в одной группе могут оказаться совершенно не схожие машины, как по внешнему виду, так и по принципу действия, тогда как в различных группах могут оказаться внешне похожие машины, но отличающиеся по их применению.

Укрупненные группы машин *по технологическому назначению*:

1. транспортирующие машины – тракторы, тягачи, автомобили, прицепы и др.;
2. грузоподъемные машины и механизмы – домкраты, лебедки, подъемники, грузоподъемные краны;
3. машины непрерывного транспорта – конвейеры, элеваторы, пневматический и гидравлический транспорт;
4. погрузо-разгрузочные машины;
5. машины для подготовительных работ – дрезовалы, корчеватели, кусторезы, рыхлители и др.;
6. машины для земляных работ – бульдозеры, скреперы, грейдеры-элеваторы, автогрейдеры, одноковшовые и многоковшовые экскаваторы, машины для гидромеханизации, для уплотнения грунтовых оснований, для бестраншейной прокладки коммуникаций и проходки тоннелей, оборудование для водоотлива и водопонижения;
7. машины для свайных работ – свайные молоты, вибропогружатели, копры, шпунтовывергиватели, машины для срезки голов свай и машины для изготовления буронабивных свай;
8. машины и оборудование для добычи и переработки каменных материалов – для буровых работ, дробилки и мельницы, сортировочные, моечные и обогащательные машины;
9. машины и оборудование для приготовления бетонных смесей, растворов, асфальтобетонных смесей и их транспортирования;
10. машины и оборудование для изготовления арматурных изделий для железобетонных конструкций;
11. машины и оборудование для изготовления сборных и монолитных железобетонных конструкций и отделки их поверхностей;
12. машины для постройки стабилизированных оснований, а также асфальтобетонных и цементобетонных покрытий;
13. машины для содержания и ремонта дорог: уборочные и поливомоечные машины, машины для очистки дорог от снега и наледи, ремонтеры;
14. отделочные машины и механизированный инструмент.

Кроме этого имеется различное монтажное и технологическое оборудование, как, например, опалубочные щиты для возведения монолитных железобетонных конструкций.

Каждая группа делится на подгруппы (бульдозеры, скреперы, экскаваторы в группе машин для земляных работ). Внутри подгрупп машины отдельных типов различаются конструкцией узлов или машин в целом (экскаваторы одноковшовые с прямой или обратной лопатой, траншейные роторные или цепные, шагающие, с поперечным копанием).

Каждый тип машин имеет ряд типоразмеров (моделей), близких по конструкции, но отличающихся отдельными параметрами (вместимость ковша,

размеры, масса, мощность, производительность). При изготовлении машин одного типоразмерного ряда широко используются стандартные детали и унифицированные сборочные единицы.

По режиму работы (принципу действия) различают машины периодического (циклического) действия, выполняющие работу путем периодического многократного повторения одних и тех же чередующихся рабочих и холостых операций с циклической выдачей продукции (бульдозеры, скреперы, одноковшовые экскаваторы), и машины непрерывного действия, выдающие или транспортирующие продукцию непрерывным потоком (многоковшовые экскаваторы непрерывного действия, конвейеры). Машины циклического действия отличаются их универсальностью и приспособленностью к работе в различных производственных условиях, а машины непрерывного действия – повышенной производительностью. Имеются машины и комбинированного действия. Нагрузка может быть равномерной или переменной.

По степени подвижности машины делятся на переносные, стационарные и передвижные (в том числе в кузове автотранспорта, а также прицепные и полуприцепные к грузовым автомобилям, тракторам, тягачам и самоходные).

Ходовое оборудование машин может быть гусеничным, пневмоколесным, рельсовым, шагающим и комбинированным.

По типу силовой установки машины могут иметь электрические двигатели, двигатели внутреннего сгорания или комбинированный привод с использованием электрических, гидравлических и пневматических двигателей. Паровой привод сохранился только в паровых молотах для забивки свай, иногда применяемых в мостостроительных работах.

По количеству двигателей различают одномоторные (все механизмы приводятся в действие от одной силовой установки) и многомоторные (для каждого механизма предусмотрен индивидуальный двигатель) машины.

По способу передачи движения машины могут иметь трансмиссии: механические, гидравлические (гидропривод), пневматические (пневмопривод), электрические или комбинированные.

Системы управления машин делят на механические (рукоятки и педали, приводящие в действие системы рычагов), гидравлические (безнасосные и насосные, где частично или полностью используются гидроустройства), пневматические (с использованием сжатого воздуха), электрические (с использованием электрооборудования) и комбинированные (электрогидравлические, пневмоэлектрические и т.п.).

По степени универсальности машины подразделяют на универсальные многоцелевого назначения, снабженные различными видами быстросъемных рабочих органов, приспособлений и оборудования для выполнения разнообразных технологических процессов (строительные одноковшовые экскаваторы, погрузчики) и специализированные, имеющие один вид рабочего оборудования и предназначенные для выполнения только одного технологического процесса (дробильные машины, бетононасосы).

По степени автоматизации различают машины с механизированным управлением, с автоматизированным управлением и контролем на базе микропроцессорной техники, с автоматизированным управлением на расстоянии, с автоматическим управлением на базе микропроцессоров и мини-ЭВМ, строительные манипуляторы и роботы, а также роботизированные машины и комплексы.

На все выпускаемые в нашей стране строительные машины распространяется *единая система индексации*, в соответствии с которой каждой машине разработчиком присваивается индекс (марка), содержащий буквенное и цифровое обозначение. Основные буквы индекса, располагаемые перед цифрами, обозначают вид машины. Например, буквенная часть индекса одноковшовых строительных экскаваторов содержит буквы ЭО, экскаваторов траншейных роторных – ЭТР, цепных – ЭТЦ, землеройно-транспортных машин – ДЗ, машин для подготовительных работ и разработки мерзлых грунтов – ДП, машин для уплотнения грунтов и дорожных покрытий – ДУ, кранов стреловых самоходных – КС, строительных башенных кранов – КБ, оборудования для погружения свай – СП, бурильных и бурильно-крановых машин – БМ, машин для отделочных работ – СО, лебедок – ТЛ, погрузчиков многоковшовых – ТМ и одноковшовых – ТО, подъемников – ТП, конвейеров и питателей – ТК, машин для уборки и очистки городов – КО, ручных машин электрических – ИЭ, пневматических – ИП, вибраторов – ИВ и т.п. Цифровая часть индекса означает техническую характеристику машины. После цифровой части в индекс могут быть включены дополнительные буквы, обозначающие порядковую модернизацию машины, вид ее специального исполнения.

Каждая машина состоит из отдельных частей и узлов, в состав которых входят:

- 1) рабочее оборудование, выполняющее рабочие операции (стрела, рукоять и ковш экскаватора, ковш скрепера, отвал бульдозера, стрела с грузозахватным устройством крана и т.п.);
- 2) передаточные устройства и механизмы;
- 3) силовое оборудование, приводящее в движение механизмы машины;
- 4) система управления для включения и выключения отдельных частей и узлов машины.

Кроме того, передвижные машины, которые в строительстве являются преобладающими, имеют ходовое оборудование. Часто одни и те же узлы имеют несколько функций. Так стрелы и башни башенных кранов являются одновременно и рабочими органами и несущими конструкциями.

Конструкция рабочего оборудования определяется назначением машины и характером технологических процессов, выполняемых машиной. Силовое оборудование, механизмы передачи движения и управления, а также ходовая часть передвижных машин не носят индивидуального характера для каждого типа и типоразмера машины.

Сочетание передаточных механизмов для каждого отдельно взятого типа машины и даже типоразмера носит индивидуальный характер и образует кинематическую схему, которая показывает пути передачи движения от вала

двигателя ко всем остальным движущимся элементам и, в конечном счете, к рабочему оборудованию или ходовому устройству. Кинематическая схема дается не в масштабе и не показывает взаимного положения движущихся деталей в пространстве, но она дает ясное представление о взаимодействии отдельных элементов кинематической цепи и позволяет определить усилия и скорости движения исполнительных органов машин.

В отличие от кинематической схемы конструктивная не позволяет полностью судить о взаимодействии отдельных механизмов и их элементов. Вместе с тем она дает возможность получить общее представление о взаимосвязи отдельных узлов и деталей машины в целом и их взаимном расположении. В отличие от кинематической при составлении конструктивной схемы придерживаются определенного масштаба, при помощи которого можно судить о габаритах и размерах машины.

Каждая часть машины состоит из отдельных агрегатов, механизмов, узлов и деталей, представляющих собой конструктивно обособленные единицы, которые могут изготавливаться на разных заводах. Механизмы машин состоят из узлов и деталей, объединенных в единое целое с помощью соединений. Узлами машины являются такие элементы, как коробки передач, редукторы, муфты, подшипники, цепи, сварные элементы металлоконструкций и т.п.

Совокупность механизмов и узлов, предназначенных для передачи движения, называются передачами или трансмиссиями. Среди механических передач встречаются фрикционные, зубчатые, червячные, винтовые, ременные и цепные.

Узлы делятся на звенья, из которых они собираются. Так, например, редуктор состоит из металлического корпуса, подшипников, закрепленных в корпусе и отдельных валов с зубчатыми колесами, втулками и т. п. Звенья состоят из отдельных деталей: валы, зубчатые колеса, шкивы, корпуса и др.

Узлы и звенья конструируют так, чтобы они удовлетворяли следующим требованиям: могли легко сниматься и устанавливаться, а также легко разбираться для удобной замены деталей, из которых они составлены. Детали, звенья и узлы должны быть унифицированными и взаимозаменяемыми. Желательно, чтобы детали в звене (а еще лучше в узле) имели одинаковый срок службы, определяемый их физическим износом.