

ЦНИИОМТП Госстроя СССР

# Методическое пособие

по определению  
потребности  
в основных  
строительных  
машинах



Москва 1989

**Центральный научно-исследовательский  
и проектно-экспериментальный институт  
организации, механизации и технической помощи  
строительству**

**(ЦНИИОМТП) Госстроя СССР**

# **Методическое пособие**

**по определению  
потребности  
в основных  
строительных  
машинах**



**Москва Стройиздат 1989**

Рекомендовано к изданию секцией механовооружения в строительстве Научно-технического совета ЦНИИОМТП Госстроя СССР.

Методическое пособие по определению потребности в основных строительных машинах/ЦНИИОМТП. — М.: Стройиздат, 1989. — 47 с.

Рассматривается методика определения потребности в основных строительных машинах для различных уровней управления строительством [объект, трест (управление) механизации, министерство]. Изложен порядок определения исходных данных для расчета потребности. Рассмотрены вопросы применения вычислительной техники для определения потребности в основных строительных машинах на различных уровнях управления строительством.

Для инженерно-технических работников министерств, ведомств, предприятий — исполнителей расчета потребности в основных строительных машинах.

Табл. 3, ил. 6.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 гг. и на период до 2000 года в числе важнейших задач экономического развития поставлен вопрос повышения эффективности общественного производства на основе роста производительности труда и рационального использования ресурсов и производственного потенциала страны. Решение указанных задач должно базироваться на правильном распределении и использовании ресурсов, в том числе машин и механизмов, необходимых для развития соответствующей отрасли народного хозяйства. Планирование объема производства машин должно производиться в соответствии с потребностью в них строительных организаций. Недостаток или избыток машин и оборудования в организациях отрицательно сказывается на экономических показателях функционирования этих организаций и народного хозяйства в целом. Недостаток в машинах приводит к невозможности выполнения работы в установленные сроки, а избыток — к незагруженности машин и непроизводительным затратам.

Темпы и качество выполнения строительно-монтажных работ, производительность труда в значительной степени зависят от технического уровня средств механизации и степени обеспечения строительства машинами новых видов, требуемой номенклатуры. Повышение оснащенности строительных организаций машинами, освоение серийного производства ряда новых машин, расширение их технологических и технических возможностей, улучшение их использования, а также совершенствование структуры парка строительных машин позволили повысить уровень комплексной механизации строительно-монтажных работ, обеспечить рост производительности труда и сократить затраты труда в строительстве. Стоимость парка средств механизации, включая автотранспортные средства, превысила 24 млрд. руб. и продолжает возрастать. Парк основных строительных машин значительно вырос: экскаваторов одноковшовых на 18,3 %, скреперов на 6,5, бульдозеров на 14,3, кранов самоходных на 37, погрузчиков одноковшовых на 50 %. В то же время анализ структуры парка строительных машин по типоразмерам показывает, что в парке имеется значительная доля машин с истекшим сроком амортизационных отчислений (в 1986 г. в ряде общестроительных министерств по отдельным видам их доля достигала 35—40 % общего наличия машин) и значительная доля (как по наличию, так и по поставке) малопроизводительных машин, например тракторы с навесным экскаваторным оборудованием в общем парке экскаваторов составляют до 19,2 %, бульдозеры до 6 т тяги до 60 %, краны башенные до 5 т грузоподъемностью до 30 %. В то же время в строительстве ощущается острая нехватка экскаваторов, бульдозеров класса тяги 10, 15, 25 т и более, кранов башенных грузоподъемностью 16 т и более, кранов гусеничных и на спецшасси грузоподъемностью 40 т и более, погрузчиков одноковшовых грузоподъемностью 4 т и более. Как правило, это новые высокоэффективные и производительные машины. Медленное изменение структуры парка машин вследствие недостаточной доли в общей поставке мощных строительных машин оказывает существенное влияние на рост эффективности производства и технический прогресс в строительстве. Исследования, выполненные в ЦНИИОМТП, показали, что совершенствование структуры и качественного состава парка строительных машин, приведение его в соответствие со структурой выполняемых работ в строительстве позволит получить эффект в размере 3—10 % общей стоимости затрат на механизацию.

При определении потребности в машинах для строительства необходимо учитывать:

обеспечение выполнения работ на объектах в соответствии с планируемыми сроками;

повышение уровня комплексной механизации строительно-монтажных

работ, повышение производительности труда и сокращение доли ручного труда;

применение прогрессивных способов производства работ;

улучшение использования имеющегося парка машин;

обеспечение требуемых темпов обновления парка машин.

Расчет потребности и поставки машин строительным организациям (трестам, министерствам) должен выполняться с учетом проведения этими организациями всего комплекса организационно-технологических и эксплуатационных мероприятий, направленных на постоянное повышение эффективности использования парка машин.

Необходимость в расчете потребности в строительных машинах возникает на следующих уровнях планирования строительного производства при:

определении потребности в машинах при разработке проектов производства работ для строительства конкретного объекта;

определении потребности в машинах на программу строительно-монтажных работ отдельной строительной организацией (трест, управление механизации);

определении потребности и обосновании заявок на поставку машин строительным министерствам (ведомствам) или в целом по отрасли строительства.

Методика определения потребности в машинах для этих уровней планирования базируется на одинаковом подходе и различается степенью детализации и объемом исходных данных. В первом случае источником получения исходных данных для выполнения расчетов служит проектно-технологическая документация, а в остальных случаях усредненные по объектам (организациям) — представителям статистические данные за базовый период (год). Правильность определения (прогноза изменения) исходных данных является одним из главных факторов, определяющих точность выполняемых расчетов потребности.

В настоящей работе изложены методические положения по расчету потребности в основных строительных машинах для трех уровней управления строительством (объект, трест (управление) механизации, министерство).

Методическое пособие разработано ЦНИИОМТП Госстроя СССР (кандидаты техн. наук А. С. Мензуренко, М. Д. Полосин, А. Н. Шаламов).

## **1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

1.1. Формирование парка строительных машин должно осуществляться, начиная с процесса выбора средств механизации при составлении проекта производства работ (ППР) для объекта и далее по иерархической структуре управления при планировании развития парка машин на уровне треста (управления) механизации, министерства (ведомства).

Определение потребности в машинах отрасли строительства также должно начинаться с низшего звена (объекта) и окончательно формироваться на высшем уровне управления (строительное министерство).

Определение потребности в машинах на разных уровнях формирования парка имеет свои особенности как в методическом подходе, так и в конкретном выражении, т. е. потребность на единицу объема работ (шт., м<sup>3</sup>, м<sup>2</sup> и т. д.), на 1 млн. руб. строительно-монтажных работ (СМР). При этом учитывается специфика функционирования и целевого назначения парка строительных машин (парка для объекта, парка треста или парка министерства).

Как уже выше было отмечено, методический подход при определении потребности для объекта, треста (управления) механизации и министерства (ведомства) имеет отличия в определении исходных данных, в формировании базовой информации.

1.2. При определении потребности в строительных машинах для объекта (под объектом мы понимаем отдельно возводимые здания и сооружения,

например жилой дом, цех, завод) учитываются как конкретные условия эксплуатации, выраженные в разнообразии грунтового фона, этажности зданий, крупности грузов, так и реальные, привязанные к данному объекту физические объемы работ с распределением по структуре (траншеи, котлованы, выемки и т. д.). Кроме того, время использования машины на объекте может изменяться от нескольких дней до нескольких месяцев. После выполнения определенного объема работ потребность в машине отпадает, и она может быть использована уже на другом объекте, в иных условиях эксплуатации.

Если для машин, используемых с одним видом рабочего оборудования, как правило, условия эксплуатации на различных объектах не могут отличаться по большому количеству технологических факторов, то для универсальных строительных машин, имеющих несколько видов сменного рабочего оборудования, количество технологических факторов, оказывающих влияние на ее показатель использования, выраженный в результирующей выработке за время пребывания на объекте, может быть значительно больше.

1.3. Конкретно это может быть показано на примере одноковшового универсального экскаватора. На объекте необходимо выполнить следующие земляные работы: провести вертикальную планировку поверхности, разработать грунт в котловане и несколько траншей, разрыхлить ряд линз прочного грунта, засыпать пазухи. Причем выполнение этих работ можно вести только последовательно, и неэкономично для рыхления включений привлекать дополнительное оборудование, например бульдозер-рыхлитель. Отсюда вытекает необходимость использования следующего сменного рабочего оборудования: прямая лопата, обратная лопата, гидромолот, грейфер. Со всеми этими видами оборудования может использоваться экскаватор. Это необходимо учитывать при определении выработки экскаватора на данном объекте. При этом следует учитывать не только показатель эксплуатационной выработки машины в натуральном выражении ( $\text{м}^3$ ), но и использование машины по времени.

1.4. При определении потребности для объекта необходимо производить подбор машин на основе области их рационального использования [2, 8, 10]. Одно из существенных отличий в определении потребности для объекта заключается в определении реальной выработки машин в привязке к конкретному объекту. Оптимальность выбора конкретного типа машины в сравнении с другими типами машин может быть обоснована областями рационального применения этих машин методом нахождения уравнений равновеликих затрат.

1.5. Общестроительный трест, трест (управление) механизации в рассматриваемой иерархической структуре управления строительством являются средним звеном. Будучи привязан к ряду объектов строительства, причем относящихся к различным отраслям народного хозяйства, трест должен обладать достаточно универсальным парком строительных машин. Как показала практика, структура работ в трестах может существенно изменяться из года в год. В соответствии с этим может изменяться годовая потребность в строительных машинах. Поэтому в отличие от высшего иерархического звена (министерства), которое является наиболее стабильным в плане набора (структуры) выполняемых работ, расчет потребности в строительных машинах для треста целесообразно выполнять на год. Только при наличии точных данных по объему и структуре работ на более длительный период (2—3 года) расчет может быть выполнен на такую же перспективу с последующим ежегодным уточнением потребности на основе конкретных плановых заданий.

1.6. Потребность треста в средствах механизации формируется на основе заявок потребности в машинах для объектов, а кроме того, для выполнения внеплановых работ (резерв) и работ в производственной базе строительства, которые могут определяться по аналогии с прошедшим периодом. В соответствии с этим потребность в машинах для треста должна определяться на основе метода оптимизации структуры парка либо по укрупнен-

ным показателям с учетом анализа работ в базовом периоде (не менее 3 лет).

1.7. Важная роль в формировании парка строительных машин и определении потребности в производстве и поставке принадлежит методическим и нормативным документам, по которым определяется потребность в основных строительных машинах строительных министерств и ведомств для строительства новых объектов, относящихся к соответствующей отрасли народного хозяйства. Являясь нормативным документом для высшего звена управления строительством (министерство, ведомство), они устанавливаются, как правило, на пятилетний планируемый период, основываются на новейших достижениях строительного производства в использовании строительных машин и основных тенденциях развития механизации (изменение структурных работ и средств механизации, рост выработки машин и т. д.). Базируясь на научно обоснованных показателях потребности в машинах на производство единицы объема строительно-монтажных работ, эти нормативы стимулируют повышение эффективности использования парка машин и оказывают влияние на его формирование в соответствии со структурой строительства.

1.8. Особенность определения потребности в строительных машинах для министерства (ведомства) состоит в том, что она определяется для отрасли строительства в целом без привязки к определенному объекту по нормам потребности с определенной корректировкой в зависимости от уровня механизации строительства на данный отрезок времени. Потребность определяется на годовой объем строительно-монтажных работ в денежном выражении, при этом не уточняется конкретная модель машины, которая заменится среднестатистической машиной парка, определяемого суммой главных параметров машин ( $m^3$  вместимости ковша, т грузоподъемности и т. д.). Нормы, по которым определяется потребность, имеют директивный характер и устанавливаются на период 3—5 лет. При расчете норм потребности в строительных машинах показатели строительства (удельные физические объемы работ, структура способов механизации и годовая выработка машин) определяются с учетом вероятностного характера их изменения в планируемом периоде, базируясь на анализе этих показателей в базовом периоде. В этих нормативах учитывается потребность министерств (ведомств) в средствах механизации с учетом перебазировок строительных машин с одного объекта на другой, нахождение в ремонте, резерв техники на выполнение внеплановых работ и т. д. При планировании показателей строительства учитываются тенденции развития механизации производства работ в планируемом периоде, в течение которого будут действовать нормативы.

Из вышеизложенного следует, что степень точности определения потребности в строительных машинах при повышении иерархического уровня организации, для которой она выполняется, снижается при одновременном возрастании сложности решаемой задачи.

## **2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ НА ОБЪЕКТЕ**

### **Расчет потребности в строительных машинах**

2.1. Определение потребности в строительных машинах выполняется в следующей последовательности: выявляются объемы работ, подлежащие выполнению; определяется структура средств механизации; рассчитывается эксплуатационная часовая производительность машин; рассчитывается необходимое количество машин для выполнения заданных объемов работ.

2.2. Расчет количества (потребности) строительных машин  $N$  выполняется по формуле

$$N = Q / b_{э,ч} T_B, \quad (1)$$

где  $Q$  — объем работ данного вида в натуральном выражении;  $b_{э.ч}$  — часовая эксплуатационная производительность машины на выполнении данного вида работ;  $T_B$  — продолжительность работы машины на данном виде работ, маш.-ч.

2.3. Продолжительность работы машины на данном виде работ определяется по формуле [10]

$$T_B = (T_{д.в} - d_{п.в}) / (1/t_{с.м} k_{с.м} + D_{т.р}), \quad (2)$$

где  $T_{д.в}$  — заданная продолжительность работы машин, установленная из календарного плана, дни;  $t_{с.м}$  — средняя продолжительность смены, ч;  $k_{с.м}$  — средний коэффициент сменности работы машины;  $d_{п.в}$  — средняя продолжительность перебазирования машины, дни;  $D_{т.р}$  — продолжительность нахождения машины в техническом обслуживании и ремонте (ТО и ТР), дни/маш.-ч.

2.4. Продолжительность пребывания машины в техническом обслуживании и ремонте определяется в соответствии с «Рекомендациями...» [13]

$$D_{т.р} = [(T_p / t_{o1} - T_p / t_{o2}) d_{o1} + (T_p / t_{o2} - T_p / t_{т.р}) d_{o2} + \\ + (T_p / t_{т.р} - 1) d_{т.р}] K_ч / T_p, \quad (3)$$

де  $T_p$  — средний ресурс до первого капитального ремонта, мото-ч;  $t_{o1}$ ;  $t_{o2}$ ;  $t_{т.р}$  — периодичность технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР), мото.-ч;  $d_{o1}$ ;  $d_{o2}$ ;  $d_{т.р}$  — продолжительность пребывания машины в ТО и ТР, дни;  $K_ч$  — коэффициент перевода мото-ч в маш.-ч.

2.5. Заданная продолжительность работы машины в соответствии с календарным планом определяется по формуле

$$T_{д.в} = (T_d - D_B) (1 - D'_1 / T_d), \quad (4)$$

где  $T_d$  — плановый срок строительства объекта (календарный), дни;  $D_B$  — количество выходных дней;  $D'_1$  — количество дней с неблагоприятными метеорологическими условиями.

2.6. При определении потребности в универсальных машинах одного типоразмера, участвующих в выполнении двух и более видов работ, расчет ведется по формуле

$$N_o = \sum_{i=1}^n N_i = \sum_{i=1}^n Q_i / b_{э.ч} T_{B,i}, \quad (5)$$

где  $N_i$  — потребность в машинах на  $i$ -ом виде работ;  $Q_i$  — объем работ  $i$ -го вида в натуральном выражении;  $T_{B,i}$  — продолжительность работы машины на  $i$ -ом виде работ;  $b_{э.ч}$  — часовая эксплуатационная производительность машины на выполнении  $i$ -го вида работ.

2.7. По формулам (1) и (5) рассчитывается потребность в ведущих машинах. Потребность во вспомогательных или неосновных машинах, работающих в технологическом комплексе, определяется в зависимости от производительности ведущей машины [10, 11].

2.8. Количество вспомогательных машин в зависимости от ведущих,

если производительность машин выражается в одних единицах измерения рассчитывается по формуле

$$N_{в.с} = N_0 b_{э.о} / b_{э.в}, \quad (6)$$

где  $N_0$  — количество (потребность) ведущих строительных машин;  $b_{э.о}$ ;  $b_{э.в}$  — часовая эксплуатационная производительность, соответственно, ведущих и вспомогательных машин.

2.9. Если производительность ведущих и вспомогательных машин выражается в различных единицах измерения (например, бетононасос — бетоновоз), то потребность во вспомогательных машинах определяем по формулам:

$$N_{в.с} = N_0 K_{п.р} b_{э.о} / b_{э.в}, \quad (7)$$

где  $K_{п.р}$  — коэффициент приведения размерности производительности вспомогательной машины к основной;

$$N_{в.с} = N_0 b_{э.о} / b_{э.в}^n, \quad (8)$$

где  $b_{э.в}^n$  — часовая эксплуатационная производительность вспомогательной машины, приведенная в единицы измерения производительности ведущей машины.

**Пример.** Производительность бетононасоса измеряется в м<sup>3</sup>/ч. Для обеспечения доставки бетона используются бетоновозы, основным показателем которых является емкость бункера, м<sup>3</sup>. Производительность бетоновоза по доставке материала от места изготовления на строительную площадку определяем по формуле

$$b_{э.в} = V / (t_p + t_n + S/v_{т.р} + S/v_n + t_m),$$

где  $V$  — объем бункера бетоновоза, м<sup>3</sup>;  $t_p$ ;  $t_n$  — время разгрузки и погрузки бетона, ч;  $S$  — расстояние от объекта до автобазы, км;  $v_{т.р}$ ;  $v_n$  — скорость передвижения бетоновоза в загруженном и порожнем состоянии, км/ч;  $t_m$  — время на маневрирование, ч.

Причем объем приемного бункера бетононасоса должен быть больше или равен объему бункера бетоновоза.

## **Определение объемов строительно-монтажных работ в натуральном выражении**

2.10. Объемы строительно-монтажных работ, которые подлежат выполнению на объекте, определяются по проектной документации, учитывающей: топографические планы с указанием рельефа местности, расположение отвалов грунта, профили с геологическими разрезами, картограммы земляных масс, данные инженерно-геологических изысканий, календарный план работ.

2.11. После определения общих объемов работ по видам в натуральном выражении необходимо соотнести их со сроками выполнения работ. В целях точного определения номенклатуры средств механизации необходимо произвести структурную классификацию вида работ по объемам, определить дальности транспортировки грунта для земляных работ, материалов (щебня, песка, конструкций и т. д.) для погрузочно-разгрузочных работ, монтажные

параметры элементов (массу деталей, геометрические размеры деталей, максимальную высоту сооружения) для монтажных работ и т. д. Для наглядности этот массив информации может быть сведен в таблицу, например, для земляных работ (табл. 1).

Таблица 1

Объемы работ на объекте	Эксплуатационные работы, м <sup>3</sup>			Планировочные работы, м <sup>2</sup>	Рыхление грунта, м <sup>2</sup>
	всего	в отвал	в транспорт		
<b>1. Траншеи протяженностью:</b>					
до 100 м	300	—	300	—	—
» 250 »	530	530	—	—	—
» 1000 »	2500	2000	500	—	—
<b>2. Котлованы:</b>					
до 1000 м <sup>3</sup>	400	100	300	—	100
» 5000 »	1200	—	1200	—	—
<b>3. Земляное полотно:</b>					
до 10 000 м <sup>2</sup>	—	—	—	10 000	—

Структура объемов монтажных, погрузочно-разгрузочных и бетонных (железобетонных) работ также может быть представлена в аналогичном виде.

## Выбор структуры способов механизации

2.12. Вторым этапом в определении потребности в строительных машинах является выбор средств механизации для выполнения отдельных видов работ на объекте. При определении (выборе) типов (типоразмеров) машин необходимо исходить из соответствия их технических параметров (грузоподъемность, скорость транспортировки, емкость ковша и т. д.) объемам работ, параметрам монтажных элементов, технологическим особенностям выполнения работ.

Поэтому предпочтение в выборе следует отдавать наиболее прогрессивным высокопроизводительным средствам механизации. Минимум затрат на производство вида работ должен определяться на основе сопоставления удельных приведенных затрат как по одной машине (если она не включена в технологический комплекс), так и комплексам машин (например, экскаватор, бульдозер, автосамосвалы, скрепер, толкач, рыхлитель и т. д.). Предварительный отбор требуемых типов машин необходимо выполнять на основе рекомендаций по рациональным областям применения, разработанным ЦНИИОМТП, ЦНИИС и др. [7, 8], а также на основе анализа ранее разработанных проектов производства работ.

2.13. Средства механизации должны привязываться к выполнению конкретных видов и объемов работ, определенных на предыдущей стадии (см. разд. 2.11).

Кроме того, при выборе машин для производства больших объемов работ, проводимых в течение всего срока возведения объекта, следует отдавать предпочтение узкоспециализированным машинам, производительность которых всегда превышает производительность универсальных машин. Для малых объемов работ рациональней применять универсальные строительные машины с учетом возможности их использования на других видах работ (например, экскаваторы одноковшовые применяются на земляных и погрузочно-разгрузочных работах).

2.14. При выборе универсальных строительных машин необходимо определять потребность в них с учетом использования возможно более широкого спектра сменного рабочего оборудования, и основную привязку делать на больший удельный вес одного из видов работ, на котором планируется использование машины.

**Пример.** На объекте необходимо выполнить земляные работы в объеме 2200 м<sup>3</sup> (разработка котлованов 1000 м<sup>3</sup>, траншеи 1200 м<sup>3</sup>), погрузочно-разгрузочные работы 1300 м<sup>3</sup> (песка 300 м<sup>3</sup>, щебня 1000 м<sup>3</sup>). Работы выполняются в следующей последовательности: земляные работы, погрузочно-разгрузочные работы. Выбор типа машины производится по максимальному объему вида работ, в данном случае по земляным работам.

2.15. Минимальный типоразмер машины, который может рассматриваться в целях его использования на объекте, определяется на основе сравнения параметров объекта (размеры выемки, высота подъема, габариты груза и т. д.) с техническими параметрами машины (минимальный и максимальный радиус копания, максимальная глубина копания, максимальный и минимальный вылет стрелы, грузоподъемность на этом вылете, т. е. грузовая характеристика, и т. д.).

2.16. Окончательный выбор структуры средств механизации необходимо выполнять на основе области рационального применения машины, которая соответствует минимальным удельным приведенным затратам на выполнении строительного-монтажных работ по сравнению с затратами на другие средства механизации.

Для определения области рационального применения машины составляются уравнения вида

$$\left\{ \begin{array}{l} C_{e.п_1} - C_{e.п_2} = 0; \\ C_{e.п_1} - C_{e.п_3} = 0; \\ C_{e.п_2} - C_{e.п_3} = 0; \\ \dots \dots \dots \end{array} \right\} \quad (9)$$

где  $C_{e.п_i}$  — удельные приведенные затраты на выполнение работы каждой из сравниваемых машин.

Выражая значение  $C_{e.п_i}$  через независимые переменные ( $x_i$ ,  $y_i$ ), характеризующие условия производства работ (прочность грунта, дальность возки, размеры выемок, этажность здания и т. д.), получим уравнения кривых равновеликих затрат вида

$$\left\{ \begin{array}{l} f_1(x_1, y_1) - f_2(x_2, y_2) = 0; \\ f_1(x_1, y_1) - f_3(x_3, y_3) = 0; \\ f_2(x_2, y_2) - f_3(x_3, y_3) = 0. \end{array} \right\} \quad (10)$$

Строя кривые уравнений (9) в плоскости  $XOY$  в диапазоне изменения переменных  $x_i$  и  $y_i$ , получим области эффективного применения той или иной машины. Над кривой  $y_i = \varphi(x_i)$  будет находиться область эффективного применения первой машины, так как  $C_{e.п_1} < C_{e.п_2}$ , а под кривой — область эффективного применения второй машины ( $C_{e.п_1} > C_{e.п_2}$ ).

При необходимости вместо двух переменных  $x_i$  и  $y_i$  можно вводить и третью переменную  $z_i$ , в этом случае функция примет вид  $z_i = F(x_i, y_i)$  и ее графическим отражением будет поверхность, лежащая в системе координат  $XUZ$ . Поэтому и точки, в которых использование машин эффективнее, будут лежать не на плоскости, а в трехмерном пространстве.

Методика и формулы для определения значения удельных приведенных затрат на выполнение работ машиной ( $C_{e.п_i}$ ) освещены в трудах

ЦНИИОМТП [3, 12]. Такой подход к выбору структуры средств механизации позволит уменьшить потребность в машинах и сократит их номенклатуру по типоразмерам.

### **Определение эксплуатационной выработки строительных машин**

2.17. Третьим этапом в определении потребности машин для строительства объекта является определение эксплуатационной (часовой) производительности машин в привязке к конкретным условиям эксплуатации.

Расчет производительности машины, принятой в соответствии со структурой способов механизации (см. п. 2.12), необходимо вести на основе производственных норм выработки (ЕНиР), которыми установлены затраты сменного времени на выполнение единицы объема работ. Производительность, рассчитанная по ЕНиР, распространяется на весь парк однотипных машин, занятых на выполнении аналогичного вида работ на объекте.

2.18. Эксплуатационная среднечасовая производительность при наличии утвержденных норм (ЕНиР, ВНиР и т. д.) рассчитывается по формуле [3]

$$b_{э.ч} = V_{н} / H_{в}, \quad (11)$$

где  $V_{н}$  — объем работ, принятый за единицу измерения в нормах;  $H_{в}$  — норма времени на указанную единицу измерения.

2.19. Для универсальных машин, выполняющих несколько видов работ (например, земляные и погрузка-разгрузка), производительность определяется по формуле

$$b_{э.ч} = \sum_{i=1}^n V_i \gamma_{п.р} i / K_{у.р} \sum_{i=1}^n H_{в.i} y_i, \quad (12)$$

где  $V_i$  — объем работ, принятый за единицу измерения в нормах, для каждого вида работ;  $H_{в.i}$  — норма времени на  $i$  единицу измерения;  $y_i$  — удельный вес (в долях единицы) применения каждой нормы времени;  $K$  — коэффициент, отражающий условия производства работ, принимаемый в соответствии с данными ЕНиР и ВНиР, среднее значение  $K_{у.р} = 1,2$ ;  $n$  — количество разновидностей норм времени;  $\gamma_{п.р}$  — коэффициент приведения единиц измерения объемов работ к одной.

2.20. В случае отсутствия данных по производительности машин в нормативных документах часовая эксплуатационная производительность строительных машин может рассчитываться по формуле

$$b_{э.ч} = b_{т.ч} k_{т} k_{п.р}, \quad (13)$$

где  $k_{т}$  — коэффициент перехода от технической производительности к эксплуатационной;  $k_{п.р}$  — коэффициент, учитывающий простои в работе техники, не учтенные в часовой эксплуатационной производительности.

2.21. Величина технической производительности определяется либо по данным испытаний, либо расчетом в зависимости от вида выполняемой работы. Примеры методов расчета технической производительности отдельных строительных машин приведены в прил. 4.

### **3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ ТРЕСТА (УПРАВЛЕНИЯ) МЕХАНИЗАЦИИ**

**3.1.** Наиболее распространенной формой организации эксплуатации строительных машин в отрасли строительства являются тресты (управления) механизации, в которых концентрируются землеройные, подъемно-транспортные, дорожно-строительные машины, компрессоры, передвижные электростанции и другие машины, а также механизированный инструмент и другие средства малой механизации, применяемые при производстве работ на строительной площадке. В функции трестов (управлений) механизации входит:

определение потребности в строительных машинах, оборудовании и механизированном инструменте и улучшение возрастной, количественной и качественной структуры парка машин;

повышение уровня использования строительной техники по времени и производительности, совершенствование управления парком машин, поддержания машин в работоспособном состоянии за счет мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту средств механизации.

**3.2.** Определение потребности в строительных машинах на уровне треста (управления) механизации имеет свою специфику в части определения и агрегирования исходных данных: номенклатуры и состава показателей, характеризующих объемы работ и условия их выполнения, а также организацию эксплуатации строительной техники.

**3.3.** Трест (управление) механизации, как правило, обслуживает несколько общестроительных трестов, выполняющих объемы строительно-монтажных работ на территории определенного региона страны со сложившейся подотраслевой структурой строительно-монтажных работ, сетью транспортных связей, производственной базой, организационными формами материально-технического снабжения и т. п.

В этой связи парк строительных машин треста (управления) механизации обладает широкой номенклатурой средств механизации для выполнения различных видов строительно-монтажных работ и, будучи привязанным к определенному региону, является замкнутой системой, позволяющей рассматривать ее в качестве самостоятельного объекта при определении потребности в средствах механизации.

**3.4.** При определении потребности в строительных машинах на уровне трестов (управлений) механизации представляется возможным накапливать первичную информацию по структуре объемов работ, условиям их выполнения, эксплуатации строительных машин и др., что дает возможность более обоснованно решать вопросы количественного и качественного состава парка машин, в том числе на уровне оптимизационных вариантов расчета.

В случае когда строительная техника находится на балансе общестроительных трестов, определение потребности в строительных машинах осуществляется так же, как и для трестов (управлений) механизации.

#### **Расчет потребности в строительных машинах по укрупненным показателям**

**3.5.** Расчет потребности в строительных машинах включает определение исходных, по объемам СМР, в денежном и натуральном выражении (по видам работ), структуру способов механизации работ, наличный парк машин в базовом периоде, данные по годовой эксплуатационной выработке строительных машин или элементы для ее определения.

**3.6.** Принимается, что количество машин того или иного типа (типоразмера) в планируемом году (периоде) по сравнению с базовым увеличивается или уменьшается прямо пропорционально индексу изменения физических объемов работ, способов механизации и обратно пропорционально годовой эксплуатационной выработке машин. Поэтому расчет потребности сводится к

установлению коэффициентов изменения физических объемов работ, способов механизации и годовой выработки машин

$$P_o = \sum_{i=1}^n P_{ik} K_{\Sigma i}, \quad (14)$$

где  $P_{ik}$  — количество машин данного типа (типоразмера) в базовом году (периоде);  $K_{\Sigma i}$  — коэффициент, учитывающий изменение физических объемов работ, способов механизации и годовой эксплуатационной выработки машин.

Определение величины коэффициента  $K_{\Sigma i}$  производится по формуле

$$K_{\Sigma} = K_o \cdot K_c / K_b, \quad (15)$$

где  $K_o$  — коэффициент изменения физических объемов работ;  $K_c$  — коэффициент изменения способов механизации;  $K_b$  — коэффициент изменения выработки машин.

3.7. В соответствии с формулой (14) исходной информацией для расчета являются следующие величины:

$a_i^j$  — показатель физических объемов работ  $i$ -го вида на 1 млн. руб. СМР в базовом году (в базовом периоде);  $u_i^j$  — изменение удельного объема  $j$ -го вида работ в  $i$ -ом году;  $A_i$  — объем СМР в млн. руб. в  $i$ -ом году;  $y_i^j$  — удельный вес  $i$ -го вида работ, выполняемого к-ым типоразмером машин в  $i$ -ом году;  $P_{ik}$  — количество машин  $k$ -го типоразмера в базовом году;  $Ч_{ik}$  — количество часов работы  $k$ -го типоразмера машин в  $i$ -ом году;  $B_{ik}$  — годовая эксплуатационная выработка  $k$ -го типоразмера в  $i$ -ом году;  $\Delta K_{ik}$  — изменение коэффициента внутрисменного использования  $k$ -го типоразмера машин в  $i$ -ом году.

3.8. Обработка исходных данных и последовательность расчетов потребности в строительных машинах (парка) представлена в виде блок-схемы алгоритма расчета (рис. 1),

В первой части алгоритма рассчитываются физические объемы работ. Последовательно вычисляются следующие величины:

- показатель физических объемов работ  $j$ -го вида на 1 млн. руб. строительно-монтажных работ в  $i$ -ом году (блок 1);
- объем работ  $j$ -го вида в  $i$ -ом году (блок 2);
- объем работ  $j$ -го вида, выполняемый машинами  $k$ -го типоразмера в  $i$ -ом году (блок 3);
- объем работ, выполняемый машинами  $k$ -го типоразмера в  $i$ -ом году (блок 4);
- изменение объема работ, выполняемого машинами  $k$ -го типоразмера в  $i$ -ом году (блок 5);

Располагая величиной объемов строительно-монтажных работ, удельными показателями физических объемов работ и структурой способов механизации основных видов работ, определяют последовательно изменение объема работ в планируемом году (либо в  $i$ -ом году) для  $k$ -го типа (типоразмера) машин.

Во второй части алгоритма определяется изменение среднегодовой эксплуатационной выработки машин  $k$ -го типоразмера в  $i$ -ом году. Последовательно вычисляют следующие величины:

- изменение количества часов работы машин  $k$ -го типоразмера в  $i$ -ом году (блок 6);

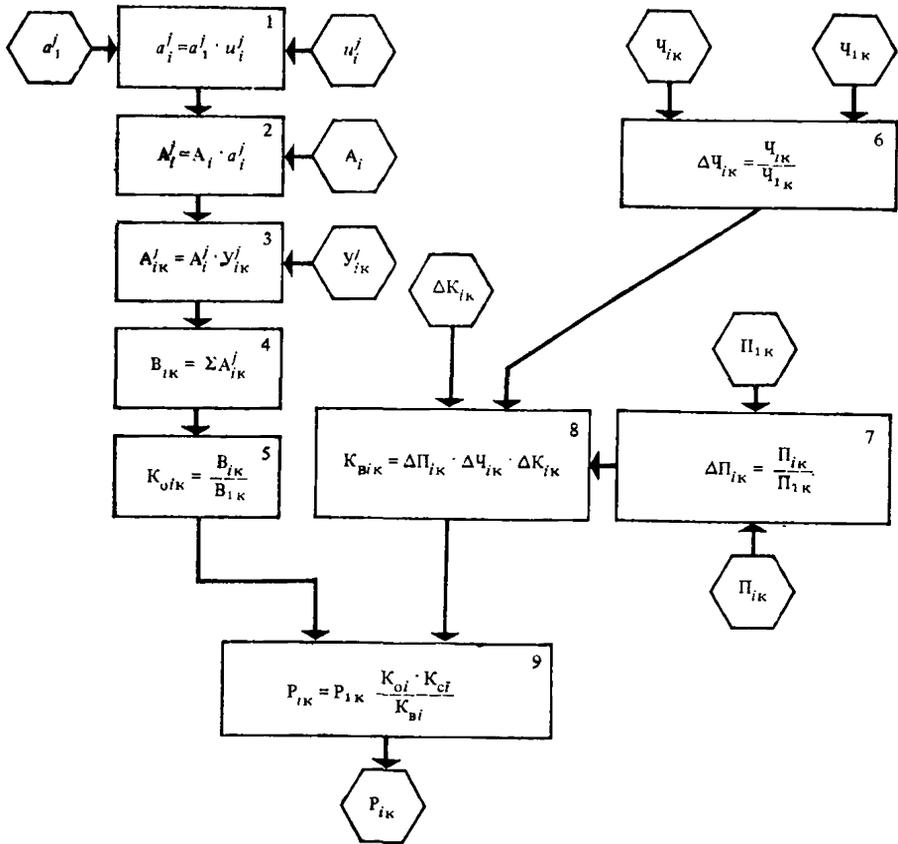


Рис. 1. Блок-схема алгоритма расчета потребности в строительных машинах по укрупненным показателям

изменение годовой выработки машин  $k$ -го типоразмера в  $i$ -ом году (блок 7);

изменение годовой выработки машин  $k$ -го типоразмера в планируемом году (блок 8).

Таким образом, зная изменение объема работ и годовой выработки для машин  $k$ -го типоразмера в  $i$ -ом году по отношению к базовому, а также наличие машин  $k$ -го типоразмера в базовом году, определяем количество машин на программу СМР треста (блок 9).

3.9. Основными источниками информации для расчета являются форма 1-НТ (выработка, использование машин по времени, объемы работ в натуральном выражении, общий объем строительно-монтажных работ), форма 12-С (наличие строительных машин). Для расчета структуры способов механизации основных видов работ могут быть использованы данные 1-НТ (земляные работы, монтажные), систематизированные проектные данные по возводимым объектам, данные журнала учета работ и формы 2. Необходимо подчеркнуть, что если для каждого объекта структура способов механизации определяется отдельным расчетом (разд. 2), то для треста (управления) механизации за основу принимается уже сложившаяся за базовый год (период). При расчете структуры способов механизации на планируемый год (период)

необходимо руководствоваться тенденциями изменения средств механизации и технологии работ, учитывая реальную возможность изменения парка машин за счет поставки.

3.10. При отсутствии отчетных данных или материалов учета работы машин по выработке и времени использования эти показатели определяют расчетом.

3.11. Годовая эксплуатационная производительность машины при выполнении определенного вида работ рассчитывается по формуле

$$B = b_{э.ч} k_{п.р} T_r, \quad (16)$$

где  $b_{э.ч}$  — эксплуатационная среднечасовая производительность, определяется по формулам (11, 12);  $k_{п.р}$  — коэффициент, учитывающий простой в работе техники, не учтенные в часовой эксплуатационной производительности [3];  $T_r$  — количество машино-часов работы машины в году.

3.12. В случае затруднения определения  $b_{э.ч}$  (отсутствуют нормативные документы и данные по технической производительности) допускается расчет годовой эксплуатационной производительности по формуле

$$B = b_{э.п} T_r, \quad (17)$$

где  $b_{э.п}$  — плановая среднечасовая эксплуатационная производительность, полученная путем произведения фактической часовой производительности на планируемый темп роста выработки машин.

3.13. Для машин, режим работы которых не зависит от других машин, количество машино-часов работы техники в год определяется по формуле

$$T_r = T_{\phi} / (1/t_{с.м} k_{с.м} + D_p + \alpha_n / T_{об}), \quad (18)$$

где  $T_{\phi}$  — годовой фонд рабочего времени машины, дни;  $t_{с.м}$  — средняя продолжительность смены в маш.-ч;  $k_{с.м}$  — коэффициент сменности работы машины;  $D_p$  — простои во всех видах технического обслуживания (ТО), технического ремонта, дни/маш.-ч;  $T_{об}$  — продолжительность работы машины на одном объекте, маш.-ч;  $\alpha_n$  — продолжительность одной перебазировки, дни.

Годовой фонд рабочего времени машины определяется по формуле

$$T_{\phi} = 365 - D_v - D_m, \quad (19)$$

где  $D_v$  — число выходных и праздничных дней;  $D_m$  — потери рабочего времени по метеорологическим условиям, дни.

Простои во всех видах технического обслуживания и ремонта ( $D_p$ ) определяются по фактическим данным организации, эксплуатирующей эти машины, или расчетом по общепринятой методике [3].

3.14. При определении потребности в машинах для треста (управления) механизации, работающего в условиях рассредоточенного строительства, характеризующихся оторванностью от ремонтных баз, баз комплектации и большой продолжительностью перебазировок машин с объекта на объект, влияние этих условий учитывается в годовой выработке и количестве машино-часов работы машин в году.

Рассмотренный метод позволяет выполнять расчеты потребности в строительных машинах с привлечением ЭВМ с использованием укрупненных показателей.

К недостаткам этого метода следует отнести невозможность оптимизации

получаемого в результате расчета парка машин, а также невозможность учета трудоемкости и стоимости выполнения строительного-монтажных работ.

### Определение потребности в строительных машинах с использованием метода оптимизации

3.15. При расчете потребности в строительных машинах, которая бы обеспечивала выполнение планируемого объема работ в установленные сроки минимальными трудовыми и стоимостными затратами, необходимо учитывать следующие факторы:

объем и структуру строительного-монтажных работ;  
затраты на эксплуатацию машин;  
факторы, определяющие использование машин по времени и производительности;

факторы, связанные с использованием наличного парка машин.

3.16. Для каждого вида работ (земляных, монтажных, бетонных погрузочно-разгрузочных и т. п.) потребность в машинах рассчитывается отдельно. Для универсальных машин необходимо учитывать их участие в выполнении работ нескольких видов, и расчет вести на группу работ. Не исключается, что один вид работ может быть расчленен на подвиды, и тогда расчет потребности ведется отдельно для каждого подвида работ.

3.17. Потребность в машинах строительной организации определяется как совокупность потребности в машинах для выполнения отдельных видов работ. При расчете потребности на планируемый год или период учитываются машины, оставшиеся работоспособными к началу планируемого года (периода) от существующего в базовом году парка машин.

При расчете возможен учет ограничений на поставку отдельных типов (типоразмеров) машин.

3.18. В математической формализации задачи принимаются следующие величины и их условные обозначения:

$i$  — тип (типоразмер) строительных машин;

$j$  — вид сооружения, под которым принимается объем работ, выполняемый машиной за один приезд на строительную площадку; исключение составляют машины, которые ежедневно возвращаются на базу механизации (например, краны автомобильные);

$m$  — число типов (типоразмеров) машин, используемых в расчете;

$n$  — число типоразмеров сооружений, рассматриваемых в задаче;

$q_i$  — объем работ в натуральном выражении  $j$ -го сооружения;

$P_{ij}$  — количество машин  $i$ -го типоразмера, необходимое для выполнения планируемых объемов работ на  $j$ -ом сооружении;

$C_{ij}$  — величины приведенных затрат на выполнение единицы объема работ  $i$ -го сооружения, машиной  $j$ -го типа (типоразмера);

$B_{ij}$  — годовая выработка машины  $i$ -го типоразмера на  $j$ -ом сооружении.

3.19. Математически поставленная задача может быть представлена в следующем виде:

1) имеется  $n$  различных типов сооружений, на которых могут быть использованы  $m$  типов (типоразмеров) строительных машин;

2) необходимо определить количество ( $P_{ij}$ ) строительных машин  $i$ -го типоразмера на  $j$ -ом сооружении, при которых стоимость выполнения объема работ будет минимальной.

Задача решается путем поиска минимума функции, выражающей сумму приведенных затрат на выполнение работ:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} P_{ij} \rightarrow \min. \quad (20)$$

В задачу вводятся следующие ограничения:

а) обязательное выполнение всего объема работ по каждой группе сооружений

$$\sum_{j=1}^m P_{ij} B_{ij} = q_i \quad j=1, 2, 3, \dots; \quad (21)$$

б) полное использование парка машин, имеющегося в эксплуатации к началу планируемого года (периода):

$$P_i^N < \sum_{i=1}^n P_{ij} < P_i^m \quad i=1, 2, 3, \dots; \quad (22)$$

в) число машин не может быть отрицательной величиной.

$$P_{ij} > 0.$$

Исходная информация для решения задачи приведена на рис. 2. Значения  $P_{ij}$  и  $C_{ij}$  могут быть определены по формулам:

$$P_{ij} = P_{пл i} b_{ч.э i} T_{г.э i} / [P_{п.л j} + (c_i + d_i L_i) b_{ч.э i}]; \quad (23)$$

$$C_{ij} = [(a_i + b_i L_j) / P_{п.л j} + (\Gamma_i + 0,15 K_i) / P_{ij} + C_{т.э i} / b_{ч.э i} + H_i + (\Gamma_a + 0,15 K_a)(1 + b_{ч.э i} \cdot 2\gamma l_{aj} / g_a v_{ср}) / b_{ч.э i} T_{г.а} + C_{ч}(1 + b_{ч.э i} \cdot 2\gamma l_{aj} / g_a v_{ср}) / b_{ч.э i} + C_{км} \cdot 2\gamma l_{aj} / g_a v_{ср}] P_{ij}, \quad (24)$$

где  $P_{п.л j}$  — объем работ на  $j$ -ом объекте м<sup>3</sup>;  $b_{ч.э j}$  — часовая эксплуатационная производительность  $i$ -ой машины, м<sup>3</sup>/ч, т/ч;  $T_{г.э i}$  — годовой фонд времени  $i$ -ой машины, ч;  $c_i$  — время на перебазирование  $i$ -ой машины, не зависящее от дальности, ч;  $d_i$  — то же, на 1 км дальности, ч;  $L_i$  — дальность перебазирования машины на работах данного вида, км;  $a_i$  — затраты на перебазирование  $i$ -ой машины, не зависящие от дальности, руб;  $b_i$  — то же, на 1 км дальности, руб/км;  $\Gamma_i$  — годовые затраты на амортизацию и содержание вспомогательных устройств для  $i$ -ой машины, руб/год;  $g_a$  — грузоподъемность автотранспортного средства, т;  $K_i$  — капитальные вложения на приобретение  $i$ -ой машины, руб;  $C_{т.э i}$  — текущие эксплуатационные расходы на  $i$ -ую машину, руб/ч;  $H_i$  — затраты на ручные работы, руб/м<sup>3</sup>, руб/т;  $\Gamma_a$  — годовые затраты на эксплуатацию автотранспортного средства, руб/год;  $K_a$  — расчетная стоимость автотранспортного средства, руб;  $\gamma$  — объемный вес материала, т/м<sup>3</sup>;  $v_{ср}$  — средняя скорость движения автотранспортного средства, км/ч;  $l_{aj}$  — дальность возки материала на  $j$ -ом виде работ, км;  $T_{г.а}$  — годовой фонд времени автотранспортного средства, ч;  $C_{ч}$  — затраты на эксплуатацию автотранспортного средства, руб/ч;  $C_{км}$  — то же, на 1 км пробега, руб/км.

Первые четыре слагаемые формулы содержат затраты на выполнение работ непосредственно строительной машиной, последние три — транспортные расходы.

3.20. Приведенная экономико-математическая модель расчета парка машин и оптимизация его структуры является общей для основных видов строительного-монтажных работ (земляных, бетонных, монтажных, погрузочно-разгрузочных и транспортных), в которых используются машины основной номенклатуры.

Различия будут иметь место при определении часовой эксплуатационной производительности машин, методы и формулы для определения которой

$i$	$1$	$\dots$	$j$	$\dots$	$n$	
$1$	$\Pi_{11}C_{11} x_{11}$	$\dots$	$\Pi_{1j}C_{1j} x_{1j}$	$\dots$	$\Pi_{1n}C_{1n} x_{1n}$	$S_1$
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
$i$	$\Pi_{i1}C_{i1} x_{i1}$	$\dots$	$\Pi_{ij}C_{ij} x_{ij}$	$\dots$	$\Pi_{in}C_{in} x_{in}$	$S_i$
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
$m$	$\Pi_{m1} C_{m1} x_{m1}$	$\dots$	$\Pi_{mj}C_{mj} x_{mj}$	$\dots$	$\Pi_{mn}C_{mn} x_{mn}$	$S_m$
	$N_1$	$\dots$	$N_j$	$\dots$	$N_n$	

Рис. 2. Матрица исходных данных для расчета потребности в строительных машинах

подробно излагаются в технической литературе, в том числе в серии справочных пособий ЦНИИОМТП.

Результаты расчета структуры парка машин на ЭВМ печатаются в виде типоразмера и количества машин, занятых на определенных видах работ, объемы работ, выполняемые этими машинами, стоимость выполнения этих работ, а также объемы работ, которые по тем или иным причинам не могут быть выполнены существующим парком машин.

В результате расчета устанавливается парк машин, обеспечивающий выполнение всего объема работ, при этом стоимость выполнения приводится к минимуму. Предлагаемая модель обладает свойством динамичности. Парк машин может рассчитываться для любого года планируемого периода.

3.21. В том случае, если в организации создается новый парк, модель отражает задачу оптимизации структуры вновь создаваемого парка машин. В остальных случаях рассчитывается оптимальный размер поставки новых машин с учетом обязательного использования отстающих в эксплуатации машин в соответствии с их областями эффективного применения. Блок-схема алгоритма оптимизации парка машин приведена на рис. 3.

В соответствии с исходными данными, указанной блок-схемой и ограничениями в ЦНИИОМТП разработана программа для ЭВМ ЕС-1022, которая передана в межотраслевой специализированный фонд алгоритмов и программ Госстроя СССР (Парк-III-Н85).

3.22. Наиболее трудоемким этапом при формировании исходных данных является определение структуры работ, подлежащих выполнению в планируемом году или периоде. Сложность состоит в том, что каждый объект представляет собой, как правило, самостоятельную разновидность. При этом количество разновидностей объектов при увеличении общих объемов строительно-монтажных работ возрастает, что значительно затрудняет сбор, обработку и агрегирование исходных данных. Определение структуры земляных работ осложняется еще и тем, что в настоящее время отсутствует централизованная информация о характере строящихся объектов, их привязке к условиям местности, физических объемах работ и способах их выполнения.

Учитывая эти обстоятельства, выявилась необходимость накопления и анализа информации по структуре работ на различных объектах, установления статистической устойчивости информационных массивов и прогнозирования структуры работ на некоторую перспективу.

3.23. Источником получения первичной информации является форма № 2, в соответствии с которой в настоящее время производятся расчеты между строительными организациями и управлениями механизации.

3.24. В качестве примера рассмотрены объемы земляных работ, выполненные на  $i$ -ом количестве объектов. В зависимости от требуемой дифференциации по величине объемы работ были распределены на интервальные группы (табл. 2). В каждом из интервалов с количеством объектов  $m_i$  определяется среднее арифметическое отклонение объема работ  $(X-\bar{X})$ .

Если далее предположить, что распределение данных объемов земляных

Таблица 2

Интервалы объемов земляных работ, м <sup>3</sup> ( $X_{i+1}; X_i$ )	$m_i$	$X-\bar{X}$	Интервалы объемов земляных работ, м <sup>3</sup> ( $X_{i+1}; X_i$ )	$m_i$	$X-\bar{X}$
0—200	73	—7223	5000—10 000	174	177
200—500	110	—6973	10 000—20 000	118	7677
500—1000	154	—6573	20 000—50 000	80	27 677
1000—2000	217	—5823	50 000 и более	34	42 677
2000—5000	270	—3823			
			С в м а	$n=1230$	47 793

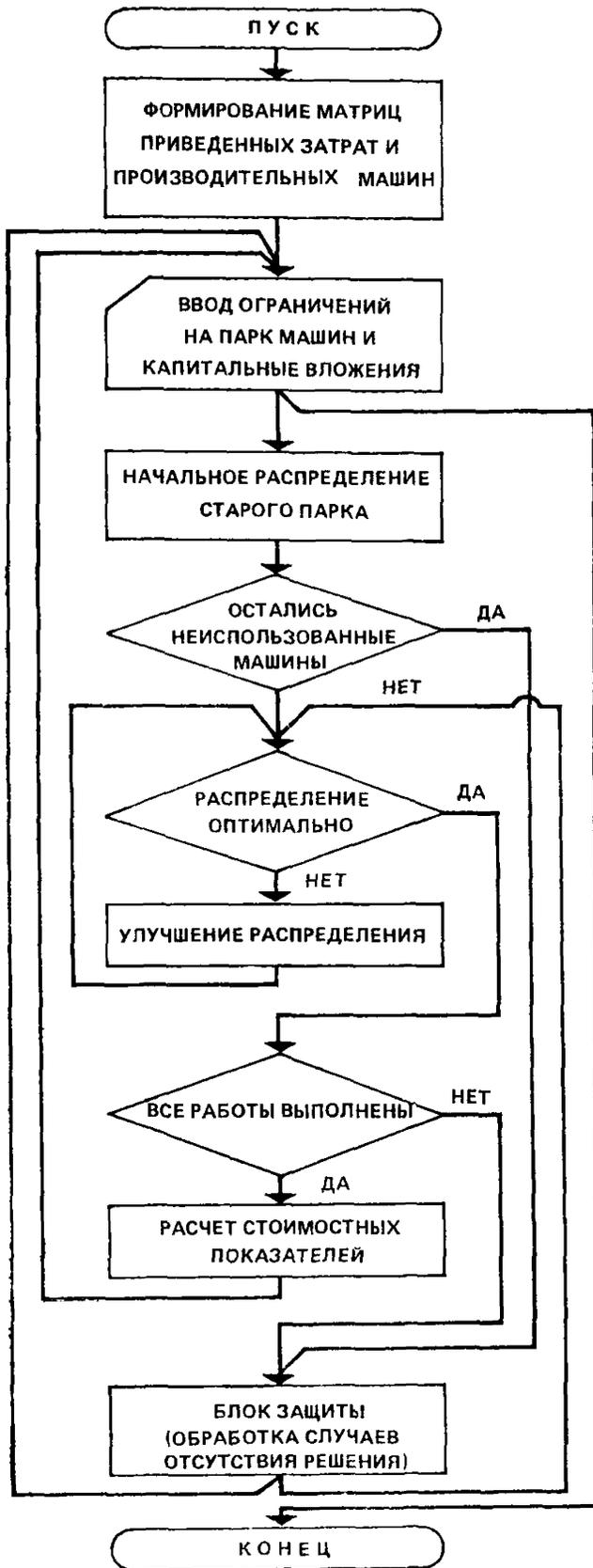


Рис. 3. Блок-схема алгоритма оптимизации парка машин

работ подчиняется некоторому определенному закону, то справедливость этого может быть проверена сравнением эмпирического и гипотетического распределений. Однако многие распределения часто не имеют теоретической или даже эмпирической базы. В таком случае можно, в частности, искать отклонение данного распределения от нормального. Для характеристики отклонения от нормального закона, как известно, служат два критерия — асимметрия ( $\sqrt{\beta_1}$ ) и эксцесс ( $\beta_2$ ).

Асимметрия распределения значений относительно среднего не может быть обнаружена по сумме отклонений, так как эта сумма равна нулю. Поэтому также она не может быть обнаружена и по сумме квадратов или других четных степеней отклонений, поскольку для квадратов или любых четных степеней нет никакого различия между положительными или отрицательными отклонениями. Однако суммы нечетных степеней учитывают это различие и могут обнаруживать наличие асимметрии. Поэтому применяют сумму третьих степеней отклонений, выраженных через стандартное отклонение  $\sigma$ .

Асимметрия определяется по известной формуле и для строго нормального распределения  $\sqrt{\beta_1} = 0$ , так же как и для любого другого симметричного распределения. В нашем случае эта величина составляет 0,017, что является допустимым для таких расчетов.

С другой стороны, эксцесс, характеризующий искажение, не может быть представлен количественно суммой нечетных степеней. Для этой цели не годится также и сумма квадратов отклонений, выраженных через стандартное отклонение, поскольку независимо от характера искажений эта сумма служит для определения  $\sigma$ . Однако сумма четвертых степеней может обнаружить искомое искажение. Поэтому  $\beta_2$  вычисляется по формуле

$$\beta_2 = \frac{n}{i=1} \sum (X - \bar{X})^4 / n\sigma^4. \quad (25)$$

При нормальном распределении  $\beta_2 = 3$ . В нашем случае  $\beta_2 = 2,83$ , что также находится в допустимых пределах.

Проверка нормальности распределения объемов земляных работ проводилась на примере ряда организаций общестроительных министерств по итогам работы этих организаций за 1975—1982 гг. Ни в одном из случаев гипотеза о нормальности распределения объемов земляных работ не была отвергнута.

3.25. Таким образом, параметры распределения объемов земляных работ в организациях общестроительных министерств, выполняемых одноковшовыми экскаваторами, скреперами и бульдозерами, находятся в соответствии с законом нормального распределения и обладают устойчивыми статистическими закономерностями. Это обстоятельство позволяет с достаточной степенью точности прогнозировать структуру объемов земляных работ на планируемую перспективу (3—5 и более лет).

Аналогично представляется возможным устанавливать ряд других параметров, характеризующих структуру земляных работ (дальность перемещения грунта, параметры котлованов и траншей и др.), а также структуру других видов работ (монтажных, бетонных, погрузочно-разгрузочных и т. д.).

3.26. Определяемая таким образом структура работ, выполняемых строительными организациями, позволяет определить потребность в машинах на планируемую перспективу с большей степенью достоверности, исключает возможность выпуска машин, не имеющих областей рационального применения в условиях конкретной строительной организации, планировать поставку новой техники и т. п.

Кроме того, структура работ может быть использована при обосновании целесообразности внедрения вновь разрабатываемых средств механизации, что позволит уже на стадии технического задания научно и обоснованно подойти к вопросу определения количественной потребности в новых машинах.

#### 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МИНИСТЕРСТВ И ВЕДОМСТВ

##### Расчет потребности в строительных машинах

4.1. Расчет потребности в строительных машинах для строительных министерств и ведомств при сооружении новых объектов, относящихся к соответствующей отрасли народного хозяйства, выполняется на определенный, обычно кратный пятилетке, период, исходя из необходимости выполнения запланированного годового объема строительного-монтажных работ. Конечной целью определения потребности в строительных машинах является установление соответствия наличного парка машин объемам и отраслевой структуре планируемых к выполнению строительного-монтажных работ (СМР) и определение необходимой поставки новых машин для пополнения парка.

4.2. Основным методом расчета потребности в строительных машинах для строительных министерств и ведомств является расчет по нормам потребности, установленным на 1 млн. руб. строительного-монтажных работ в действующих ценах, утверждаемым Госстроем СССР.

4.3. Потребность в машинах для выполнения установленного объема работ определяется по формуле

$$N = HQ, \quad (26)$$

где  $N$  — норма потребности в строительных машинах данного вида на 1 млн. руб. СМР в единицах главного параметра (емкость ковша, грузоподъемность, мощность) или в штуках, приведенная в строительных нормах (СН, СНиП);  $Q$  — общий объем СМР, млн. руб.

Если министерство, ведомство ведет строительство для ряда отраслей или подотраслей народного хозяйства, общая потребность в отдельных видах строительных машин определяется по формуле

$$N = \sum_{i=1}^n H_i Q_i, \quad (27)$$

где  $H_i$  — норма потребности в строительных машинах данного вида на 1 млн. руб. СМР по  $i$ -ой отрасли (подотрасли) строительства;  $Q_i$  — объем СМР по  $i$ -ой отрасли строительства.

4.4. В случае значительного изменения в планируемом году по сравнению с базовым годом (относительно которого разрабатывались нормы потребности) объемов работ в натуральных измерителях на 1 млн. руб. строительного-монтажных работ, структуры способов механизации работ и годовой выработки машин потребность в строительных машинах должна быть скорректирована. В этом случае потребность определяется по формуле

$$N = HQK_0K_c/K_B, \quad (28)$$

где  $K_0$  — коэффициент, учитывающий изменение объема работ в натуральных измерителях на 1 млн. руб. СМР, определяемый делением объема работ на 1 млн. руб. планируемого года на объем работ базового года;  $K_c$  — коэффициент, учитывающий изменение структуры способов механизации, определяемый делением удельного веса данного способа работ в общем объеме работ планируемого года (% или доли единицы) на соответствующий показатель базового года;  $K_B$  — коэффициент, учитывающий изменение годовой выработки машин, определяемый делением выработки машин планируемого года на фактическую выработку машин базового года.

4.5. В ряде случаев возникает необходимость заменить рассчитанное по нормам количество машин одного вида эквивалентным количеством (по производительности) машин другого вида, выполняющих аналогичные работы, например, скреперы на бульдозеры, бульдозеры на автогрейдеры, краны гусеничные на автомобильные или пневмоколесные.

Тогда расчет может выполняться по формуле

$$N = Q(N_1 B_1 / B_2 + N_2), \quad (29)$$

где  $N_1$ ;  $N_2$  — норма потребности в строительных машинах заменяемого и данного вида;  $B_1$ ;  $B_2$  — фактическая годовая выработка машин заменяемого и данного вида.

4.6. При наличии исходных данных потребность в строительных машинах данного вида может быть определена по формуле

$$N = \sum_{i=1}^n Q_{ni} Y_i B_j K_{vj}, \quad (30)$$

где  $Q_{ni}$  — объем работ, соответствующего вида в натуральном выражении ( $m^3$ , т и т. д.);  $Y_i$  — удельный вес объема работ, выполняемый машинами данного вида в общем объеме соответствующего вида работ;  $B_j$  — годовая выработка машин при выполнении соответствующего вида работ;  $K_{vj}$  — коэффициент, учитывающий изменение производительности машин в планируемом периоде при выполнении соответствующего вида работ.

Приведенные формулы определения потребности в строительных машинах (26)—(30) не противоречат друг другу, так как при расчете по ним используется единый исходный материал. Использование формулы (30) целесообразно при значительном изменении технологии и средств механизации работ или расчета потребности по отрасли, для которой отсутствуют нормы потребности.

## Определение норм потребности в строительных машинах

4.7. Данная методика предназначена для определения норм потребности в строительных машинах строительных министерств и ведомств при сооружении ряда объектов (предприятий, жилья, дорог и т. д.), относящихся к соответствующей отрасли народного хозяйства, которые не могут быть использованы для определения потребности в строительных машинах при реконструкции объектов, кроме отдельно оговоренных позиций.

4.8. Нормы потребности в строительных машинах устанавливаются на 1 млн. руб. строительно-монтажных работ (СМР) в действующих ценах, выполняемых собственными силами. Нормами не учитывается потребность в машинах производственных предприятий, находящихся на промышленном балансе, а также организаций, ведущих строительство хозспособом.

4.9. В качестве основных исходных данных для определения потребности в строительных машинах принимаются:

а) объемы работ соответствующего вида (в натуральном выражении), подлежащих выполнению в течение планируемого периода (года);

б) удельный вес объемов работ, выполняемых отдельным видом и типоразмером машин в общем объеме работ (структура способов механизации работ);

в) эксплуатационная годовая выработка (производительность) машин в натуральном выражении.

4.10. Нормы потребности разрабатываются для основных машин, используемых, как правило, при строительстве объектов всех отраслей народного хозяйства. В номенклатуру машин могут быть включены различные виды и типоразмеры машин в зависимости от их использования в каждой кон-

кретной отрасли строительства. Примерная номенклатура строительных машин и единицы измерения их мощности приведены в прил. 1.

Помимо перечисленных машин нормы потребности могут быть разработаны для машин специального назначения, используемых для выполнения узкоспециальных работ при строительстве объектов какой-либо отрасли народного хозяйства (катки, асфальтоукладчики, кабелеукладчики и т. д.).

**4.11.** Нормы потребности в машинах разрабатываются для строительства объектов отраслей народного хозяйства, перечень которых приведен в прил. 2.

**4.12.** При определении норм потребности в строительных машинах принят за основу статистический метод расчета. Для определения отраслевых показателей удельных физических объемов СМР, выработки строительных машин и структуры способов механизации выбираются «тресты-представители». Выбор «треста-представителя» производится с учетом следующих факторов.

наличия прогрессивных показателей по производственной деятельности; наличия собственного парка строительных машин; наличия учетно-отчетной документации за ряд лет (не менее 5 лет); объема СМР по данной отрасли (подотрасли) строительства, который должен составлять не менее 50—60% общей программы работ «треста-представителя».

**4.13.** Выбор «треста-представителя» необходим в случае ведения строительства по данной отрасли несколькими строительными организациями (3 и более) в различных регионах страны. В случае ведения строительства одним-двумя трестами в одном регионе сбор и анализ данных проводится по общему объему строительного-монтажных работ. Количество «трестов-представителей» составляет не менее трех, ведущих строительство в различных регионах, имеющих наибольший удельный вес в общем объеме СМР по данной отрасли.

**4.14.** Нормы потребности разрабатываются на основе анализа производственной деятельности «трестов-представителей» (по отраслям строительства), исходя из необходимости выполнения следующих видов работ:

земляных работ, включая добычу нерудных материалов; монтажных работ (строительные конструкции и технологическое оборудование);

бетонных и железобетонных работ; погрузочно-разгрузочных работ: вертикального транспорта строительных материалов; малярных и штукатурных работ; прочих работ (в составе которых учитываются работы, характерные для отдельных отраслей строительства).

**4.15.** Нормы потребности в строительных машинах, выполняющих один вид работ, рассчитываются по формуле

$$H = Q_{уд} V_c / 100 B_{э.г.}, \quad (31)$$

где  $Q_{уд}$  — показатель удельного физического объема определенного вида работ в натуральном выражении на 1 млн. руб., определяемый делением общего объема работ этого вида в натуральном выражении к общему объему строительного-монтажных работ в денежном выражении;  $V_c$  — удельный вес объема работ, выполняемого машинами данного вида в общем объеме работ, %;  $B_{э.г.}$  — среднегодовая эксплуатационная выработка (производительность) одной машины, отнесенная к главному параметру машины:

**4.16.** Для универсальной строительной машины, выполняющей несколько видов работ, нормы рассчитываются по формуле

$$H = Q_{удi} V_{ci} / 100 B_{э.г. i}, \quad (32)$$

где  $Q_{удi}$  — показатель удельного объема СМР  $i$ -го вида работ в натуральном выражении;  $V_{ci}$  — удельный вес объема работ, выполняемого машинами

данного вида, в общем объеме СМР  $i$ -го вида, %;  $B_{э, i \Gamma}$  — среднегодовая эксплуатационная выработка (производительность) одной машины при выполнении  $i$ -го вида работ.

4.17. По машинам и механизмам, по которым отсутствует учет выполненных объемов работ и фактической выработки, нормы рассчитываются исходя из их наличия на 1 млн. руб. СМР в базовом периоде с учетом совершенствования их конструкции и повышения эффективности использования в планируемом периоде (году) по формуле

$$H = NK_{и} Q_{с.м.р}, \quad (33)$$

где  $K_{и}$  — коэффициент, учитывающий улучшение использования машин в планируемом году.

4.18. Одним из основных факторов, влияющих на величину планируемых объемов работ, а значит и потребности в машинах, является региональное расположение объектов строительства данной отрасли, поэтому расчет норм потребности по формулам (31) и (32) выполняется по среднеотраслевым значениям показателей (удельных физических объемов работ, структуры способов механизации выработки машин), которые определяются по формуле

$$P_{от} = \sum_{i=1}^n P_i \varphi_i, \quad (34)$$

где  $P_i$  — показатель по  $i$ -му «тресту-представителю»;  $\varphi_i$  — коэффициент, учитывающий региональное расположение объектов строительства данной отрасли.

Коэффициент  $\varphi_i$  определяется для каждого регионального «треста-представителя» по формуле

$$\varphi_i = Q_{с.м.р}^p / Q_{с.м.р}, \quad (35)$$

где  $Q_{с.м.р}^p$  — объем строительства объектов данной отрасли в регионе в денежном выражении;  $Q_{с.м.р}$  — общий объем СМР по данной отрасли в денежном выражении.

### **Определение физических объемов строительного-монтажных работ по видам**

4.19. Физические объемы строительного-монтажных работ, выполняемые строительными министерствами и ведомствами, слагаются из объемов работ по отдельным объектам и измеряются в натуральном выражении. Физические объемы СМР определяются, как правило, на основании отчетных данных за базовый период по годам (за последние 5 лет). За этот период составляются динамические ряды рассматриваемых показателей. Путем анализа отчетных показателей выявляются факторы, влияющие на характер изменения показателей за базовый (отчетный) период. Источником исходных данных служит официальная отчетность «трестов-представителей» и министерств (ведомств) перед плановыми органами и ЦСУ СССР, кроме того, справки о выполненных объемах работ в натуральном выражении при расчете между заказчиком и подрядчиком (форма 2).

Определение физических объемов работ по видам необходимо выполнять с учетом специфики каждого вида работ.

4.20. **Земляные работы.** Для расчета норм по машинам для земляных работ определяется рабочий объем земляных работ, который в отличие от

профильного объема включает также повторные перемещения грунта (засыпка траншей и котлованов, разработка грунта, находящегося в отвале, перемещение его в сооружения или в новые отвалы и т. п.). В объем земляных работ входят: разработка грунта всех категорий, включая скальные грунты, работы по очистке и углублению акваторий, устройству полотна железных и автомобильных дорог, дамб, насыпей, вскрышные работы при строительстве карьеров, добычи нерудных материалов и пр.

При определении объемов земляных работ в планируемом периоде помимо указанных выше факторов следует также учитывать возможность уменьшения объема работ на 1 млн. руб. СМР за счет рационального использования рельефа местности, применения свайных оснований, технологии «стена в грунте», исключения промежуточных перевалок грунта, бестраншейной прокладки коммуникаций. Кроме того, необходимо учитывать также факторы, влияющие на увеличение объемов земляных работ — проведение рекультивации земель, строительство объектов, связанных с охраной окружающей среды, мелиорации земель. Если в нормах будет учитываться потребность в машинах на реконструкцию предприятий и сооружений, которая приводит к сокращению объемов земляных работ, необходимо оценить ее влияние в общем объеме СМР.

Основным источником исходных данных по объему земляных работ является форма 1-НТ (строительная) ЦСУ СССР. В случае отсутствия или частичного отсутствия такой отчетности необходимо использовать форму 2 о выполненных объемах работ и данные по проектам производства работ строящихся объектов.

**4.21. Монтажные работы.** В общий объем монтажных работ при разработке норм потребности в машинах включаются:

монтаж сборных бетонных и железобетонных конструкций;

монтаж металлических конструкций, включая монтаж каркасов арматуры для реконструкции из монолитного бетона;

монтаж технологического оборудования.

Объем монтажных работ определяется весом смонтированных конструкций и оборудования в тоннах (укрупненная сборка узлов на земле в общий объем не включается, а учитывается при определении эксплуатационной производительности машин).

Объем монтажных работ, выполненных строительной организацией («трестом-представителем», министерством, ведомством) определяется по данным формы 1-НТ (строит.).

При расчете объема монтажных работ на планируемый период следует учитывать факторы, влияющие на изменение объемов работ:

увеличение применения сборного железобетона и металлических конструкций;

увеличение сборности конструкций;

увеличение доли легких конструкций.

Объем работ по монтажу технологического оборудования, строящихся объектов в отчетах по механизации работ отсутствует (кроме отчетов специализированных монтажных организаций). Источниками для определения этих объемов должны служить:

данные проектной документации по характерным объектам, на основании которых может быть определен удельный вес монтируемого технологического оборудования на 1 млн. руб. СМР;

отчетные данные об общей стоимости работ по монтажу технологического оборудования и средней стоимости монтажа 1 т оборудования.

При определении объемов работ по монтажу конструкций и технологического оборудования с учетом корректировки могут быть использованы данные, приведенные в справочных и методических пособиях.

**4.22. Бетонные и железобетонные работы.** В объем бетонных и железобетонных работ (транспортирование, укладка и уплотнение) включаются ра-

боты, выполняемые только на строительной площадке. В объем работ не включаются работы по укладке бетонной смеси при изготовлении сборных конструкций на полигонах и предприятиях строительной индустрии. Исходными данными для расчета объема бетонных и железобетонных работ являются данные отчета по форме 1-НТ (строит.).

**4.23. Погрузочно-разгрузочные работы.** В объем погрузочно-разгрузочных работ (тонны) включается погрузка (разгрузка) в транспортные средства нерудных материалов, деталей конструкций и оборудования на строительных площадках и складах силами и средствами строительных организаций («трестов-представителей»). В объем погрузочно-разгрузочных работ не включается объем разгрузки конструкций на строительной площадке при монтаже конструкций «с колес» и выполняемый предприятиями «треста-представителя», находящихся на промышленном балансе.

Исходными данными для определения объема погрузочно-разгрузочных работ являются данные по отчету по форме 1-НТ (строит.). При определении объема погрузочно-разгрузочных работ на планируемый период могут быть использованы данные о массе получаемых организацией материалов и фактическом коэффициенте перепрузки материалов.

**4.24. Вертикальный транспорт материалов.** Объем работ по вертикальному транспорту определяется по массе материалов, затраченных при строительстве зданий и сооружений, за исключением деталей конструкций и оборудования, вертикальная транспортировка которых является составной частью монтажных работ.

Ввиду отсутствия учета фактического объема вертикального транспорта материалов его необходимо рассчитывать на основании определения удельного веса материалов, расходуемых на возведение зданий и сооружений. К материалам, влияющим на объем вертикального транспорта, относятся: кирпич, шлакоблоки, легкие блоки из естественного камня, кладочный и штукатурный растворы и др.

В связи с тем, что вертикальный транспорт материалов осуществляется, как правило, кранами, ведущими монтажные работы, подъемниками, растворонасосами, объем вертикального транспорта при расчете, например, кранов может не учитываться, так как выполнение этих работ учитывается величиной выработки кранов на монтаже.

## **Определение структуры способов механизации строительно-монтажных работ**

**4.25.** Одним из основных факторов, влияющих на эффективность производства строительно-монтажных работ, является правильность выбора способа механизации, который изменяется от вида отрасли строительства. Удельный вес способа производства работ определяется объемом работ, выполняемым машинами одного типа (типоразмера), из общего объема работ, он может быть выражен в процентах или долях единицы. При достаточно стабильной номенклатуре отраслей строительства, выполняемой «трестом-представителем», структура способов механизации также стабильна, а ее изменение определяют:

- изменение номенклатуры отраслей строительства;
- снижение удельного объема работ, выполняемых вручную;
- изменение структуры объемов работ;
- увеличение (уменьшение) поставки машин;
- увеличение удельного веса машин, обеспечивающих снижение себестоимости и трудоемкости механизированных работ, по сравнению с другими видами средств механизации.

**4.26.** Формирование эффективной структуры способов механизации работ закладывается на этапе разработки проектов производства работ и базируется на применении к конкретным условиям строительства наиболее эффективных машин, что определяется их рациональной областью применения.

4.27. Сложившиеся способы механизации в целом по отрасли определяются как усредненные показатели «трестов-представителей» на основе фактически выполненных объемов работ отдельными типами (типоразмерами) машин по отчетным материалам и среднегодовое наличие занятых машин за базовый период.

4.28. Способы производства работ на планируемый период определяются на основе сложившейся структуры и анализа проектов производства работ по объектам отрасли, а также исследовании по структуре вида работ. Работы, выполненные в ЦНИИОМТП [9, 16], показали, что распределение объемов земляных работ подчиняется закону нормального распределения и обладает устойчивыми статистическими закономерностями. Это обстоятельство позволяет с достаточной степенью точности прогнозировать структуру объемов земляных работ на планируемую перспективу, что значительно влияет на выбор эффективных способов механизации земляных работ. Структура способов механизации работ общестроительных министерств и ведомств вследствие постоянства отраслевой структуры строительства является стабильным фактором и измеряется на величину не более 0,5—1 % в год. Корректировка удельных способов производства работ выполняется по формуле

$$\sum_{i=1}^n Y_i K_{y_i} = 100\%, \quad (36)$$

где  $Y_i$  — удельный вес способа механизации работ для  $i$ -го вида машин;  $K_{y_i}$  — коэффициент корректировки способа механизации работ для  $i$ -го вида машин.

Фактически сложившаяся структура способов механизации по видам работ приведена в прил. 3.

## **Определение эксплуатационной выработки строительных машин**

4.29. Годовая эксплуатационная производительность (выработка) строительных машин измеряется в физических объемах выполненных за год работ на одну машину или на единицу главного параметра.

При определении норм потребности производительность (выработка) определяется на одну среднесписочную машину парка «треста-представителя». По ряду машин (землеройные краны) выработка входит в числе показателей отчетности и приводится в отчете по форме 1-НТ (строит.). Номенклатура парка строительных машин, находящихся на балансе «треста-представителя», может быть получена из ежегодных отчетов по форме 12 (строительство) ЦСУ СССР.

4.30. Для универсальных строительных машин, выполняющих в течение года различные виды работ, необходимо определить фактическую или возможную годовую производительность (выработку) по каждому виду работ. Для машин, по которым отсутствуют отчетные показатели по выработке, а также на новые машины, поступающие в производство, выработку необходимо определять расчетным методом.

4.31. Расчетная годовая эксплуатационная производительность (выработка) машин определяется величинами: эксплуатационной часовой производительностью и годовым фондом рабочего времени. Расчет эксплуатационной производительности необходимо производить на основании производственных норм выработки (ЕНиР) и руководящих документов (см. разд. 3).

Условия эксплуатации машин могут быть определены из анализа ППР строящихся объектов.

Одним из распространенных методов расчета годовой производительности универсальных машин является метод шахматного баланса [II].

Рассчитанная производительность одной среднесписочной машины распространяется на весь парк машин строительной организации. Годовая эксплуатационная производительность машин на планируемый период определяется на основе анализа ее изменения в базовом периоде, которая учитывает:

- рост единичной мощности машин;
- улучшение организации производства работ;
- увеличение годового фонда рабочего времени;
- совершенствование рабочих органов и внедрение автоматизированных систем управления;
- изменение категории разрабатываемого грунта, этажности зданий и сооружений, дальности транспортировки грунта и т. д.

Анализ фактических данных за последние 8—10 лет показал, что величина эксплуатационной производительности увеличивается на 2—10 % за пятилетку.

### Учет влияния тенденций развития механизации строительства

4.32. Определение показателей удельных физических объемов работ, структуры способов механизации и выработки машин на планируемый период осуществляется на основе показателей базового периода с использованием методов математической статистики. Для расчетов на период 3—5 лет (нормы потребности разрабатываются, как правило, на такой период) целесообразно использовать методы экстраполяции. Использование того или другого метода экстраполяции определяется характером изменения показателей строительства в базовом периоде. Характер изменения показателей достаточно легко иллюстрируется графическим построением функции  $P = f(t)$  в зависимости от изменения показателя во времени.

4.33. Если характер изменения показателей в базовом периоде имеет устойчивый и ярко выраженный характер, целесообразно использовать метод простой экстраполяции. Этот метод основан на подборе теоретической зависимости, описывающей характер изменения показателя во время базового периода. Распространение этой зависимости на планируемый период позволяет с определенной степенью точности прогнозировать величины параметров. Теоретическая зависимость подбирается по графику изменения показателя в базовом периоде. Для нахождения постоянных теоретической зависимости используется метод наименьших квадратов [6, 11]. Средняя ошибка прогноза определяется по формуле

$$\Delta P = \sqrt{\frac{n}{\sum_{i=1}^n (P_i - P_{it})^2}} \quad , \quad (37)$$

где  $P_i$  — фактическая величина показателя в базовом периоде (году);  $P_{it}$  — величина показателя в базовом периоде (году) по теоретической зависимости;  $n$  — число лет в базовом периоде.

Степень точности прогнозирования зависит от дальности базового периода. Если величина показателей в базовом периоде не обладает устойчивым характером изменения, необходимо применять статистический метод прогнозирования. Величина прогнозируемого показателя в планируемом периоде (году) определяется на каждый год последовательно. В качестве теоретической зависимости используется линейная функция вида  $y = at + b$ . Наиболее подробно применение этого метода рассмотрено в работе [II].

ПРИМЕРНАЯ НОМЕНКЛАТУРА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Машины	Единицы измерения главного параметра	Машины	Единицы измерения главного параметра
1. Экскаваторы одноковшовые (кроме экскаваторов-планировщиков), всего В том числе с ковшом вместимостью, м <sup>3</sup> 0,4—0,5 0,65—1 1,25—1,6 св. 1,6	м <sup>3</sup>	10. Краны пневмоколесные и на специальном шасси, всего В том числе грузоподъемностью, т: до 25 26—63 св. 63	"
2. Тракторы с навесным экскаваторным оборудованием с ковшом вместимостью до 0,25 м <sup>3</sup>		11. Краны башенные, всего В том числе грузоподъемностью, т: до 7 7—14 св. 15	т грузоподъемности
3. Экскаваторы - планировщики	м <sup>3</sup>	12. Краны автомобильные, всего В том числе грузоподъемностью, т: до 9 св. 10	т грузоподъемности
4. Экскаваторы многоковшовые	кВт (л. с.)	13. Подъемники грузопассажирские	т грузоподъемности
5. Скреперы, всего в том числе самоходные	м <sup>3</sup>	14. Автопогрузчики	"
6. Бульдозеры, всего В том числе на тракторах класса тяги, т: 6—10 15 25	т тяги	15. Погрузчики одноковшовые, всего В том числе на пневмоходу	"
7. Краны гусеничные, включая экскаваторы-краны, всего В том числе грузоподъемностью, т: до 25 25—40 св. 63	т грузоподъемности	16. Землеройно-фрезерные машины	кВт
8. Краны-трубоукладчики	т грузоподъемности	17. Буровые и бурильно-крановые машины	"
9. Краны железнодорожные.		18. Копры сваебойные и дизель-молоты	"
		19. Компрессоры передвижные (производительностью 5 м <sup>3</sup> /мин и выше)	м <sup>3</sup> /мин
		20. Электростанции передвижные мощностью 30 кВт и более	кВт

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ПЕРЕЧЕНЬ ОТРАСЛЕЙ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

Промышленное строительство; нефтяная и газовая промышленность; нефтеперерабатывающая; угольная; торфяная; черная металлургия; цветная металлургия; химическая; лесозаготовительная; целлюлозно-бумажная и

деревянообрабатывающая; строительных материалов и строительной индустрии; авиационная; легкая; электротехническая; пищевая; мясная и молочная; рыбная; автомобильная; прочие отрасли промышленности.

**Машиностроение:** энергетическое машиностроение; химическое и нефтяное; тракторное и сельскохозяйственное; для легкой и пищевой промышленности и бытовых приборов; строительное, дорожное и коммунальное; для животноводства и кормопроизводства; прочие отрасли машиностроения.

**Энергетическое строительство:** гидроэлектростанции; тепловые электростанции; атомные электростанции; линии электропередач 35—750 кВт; сельские линии электропередач 0,4—35 кВт.

**Транспортное строительство:** железные дороги; гидротехнические сооружения; мосты; тоннели и метрополитены; автомобильные дороги; электро-монтажные работы.

**Сельское хозяйство.**

**Строительство объектов связи:** общестроительные работы; сельские линии связи; монтаж радиотелевизионного оборудования; городские линии связи; междугородные линии связи.

**Промышленное и культурно-бытовое строительство:** в сельской местности; в городах, рабочих поселках городского типа с населением до 500 тыс. жителей; в крупных городах с населением свыше 500 тыс. жителей.

**Монтажные работы в строительстве.**

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

#### СТРУКТУРА СПОСОБОВ МЕХАНИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ ВИДОВ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

Машины	В % к общему объему	
	1986 г.	1990 г.

##### 1. Земляные и карьерные работы

Тракторы с навесным экскаваторным оборудованием с ковшем вместимостью до 0,25 м <sup>3</sup>	2	1,8—1,6
Экскаваторы одноковшовые	36	33,3—27,8
Экскаваторы многоковшовые	4	5,5—8,5
Скреперы	10	12,5—17,5
Бульдозеры	39,5	37,2—32—4
Автогрейдеры	1,4	1,4
Погрузчики одноковшовые	1,4	2,2—3,8
Прочие машины	5,3	5,8—6,8
Вручную	0,4	0,3—0,2

##### 2. Укладка монолитного бетона и железобетона

<b>Краны:</b>		
автомобильные	16,5	12,8—5,3
пневмоколесные	20	17—11
короткобазовые	2,1	6—14
гусеничные	19,5	17,1—12,1
башенные	29	27—23
Бетоноукладчики	1,5	4,2—9,4
Бетононасосы	3	8,4—19,4
Прочие машины	2,4	2,8—3,6
Вручную	6	4,7—2,2

Машины	В % к общему объему	
	1986 г.	1990 г.
<b>3. Монтаж строительных конструкций</b>		
Краны:		
автомобильные	7,8	6,2—3,2
пневмоколесные	20	18,5—15,5
на специальном шасси	2	9—20,5
короткобазовые	0,7	1,2—2,3
гусеничные	28,7	27,1—26,7
башенные	38	35—28,8
Прочие машины	2,7	2,9
Вручную	0,1	0,1
<b>4. Монтаж технологического оборудования</b>		
Краны:		
пневмоколесные	13	10,9—6,7
на специальном шасси	3,5	12,1—20,3
короткобазовые	1,2	3,4—7,8
гусеничные	38	34,8—32,3
башенные	18,5	16,5—14,4
Прочие машины	25,8	22,3—18,5
<b>5. Погрузочно-разгрузочные работы с нерудными материалами</b>		
Тракторы с навесным экскаваторным оборудованием	3	2,7—2,1
Экскаваторы одноковшовые	32	29—23
Погрузчики одноковшовые	6,5	14,5—24,5
Прочие машины	57,5	53—50
<b>6. Погрузочно-разгрузочные работы с прочими грузами без нерудных материалов</b>		
Краны:		
автомобильные	31	27,3—19,8
пневмоколесные	15	14,8—14,3
на специальном шасси	1	3,9—9,7
короткобазовые	1	3,9—9,8
гусеничные	12,5	13,2—14,8
башенные	25	22,7—18,1
Прочие машины	11,5	11,4—11,1
Вручную	3	2,8—2,4

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4.

**ПРИМЕРЫ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РЯДА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН**

1. Краны самоходные, автомобильные, башенные, козловые и других видов. Краны и грузоподъемные механизмы предназначены для перемещения грузов в вертикальном или в вертикальном и горизонтальном направлениях

одновременно, являясь машинами циклического действия. Используются при выполнении погрузочно-разгрузочных и монтажных работ, вертикального транспорта строительных материалов. Расчет часовой эксплуатационной производительности выполняется по формуле

$$b_{э.ч} = b_{т.ч} Y_{\phi} k_T \quad (1)$$

где  $Y_{\phi}$  — доля использования крана на данном виде работы;  $k_T$  — коэффициент перехода от технической производительности к эксплуатационной.

$$b_{т.ч} = Q_{ср} n_{ц} k_T \quad (2)$$

где  $Q_{ср}$  — усредненная масса поднимаемых в течение смены грузов, т;  $n_{ц}$  — количество циклов подъема грузов, ч<sup>-1</sup>;  $k_T$  — коэффициент использования грузоподъемности крана, определяемый отношением усредненной массы грузов ( $Q_{ср}$ ) к номинальной грузоподъемности крана.

Значение величины  $k_T$  приведено в работе [16]. Количество циклов рассчитывается по формуле [16].

$$n_{ц} = T_{ц}^{-1} \quad (3)$$

где  $T_{ц}$  — время цикла работы крана.

Время цикла работы крана определяем по выражению

$$T = 2A(S v_{пср} + H v_{под} + \beta 360n) + 2t_3 + t_m \quad (4)$$

где  $S$  — длина пути перемещения крана или изменения вылета стрелы, м;  $v_{пср}$  — скорость перемещения крана или изменения вылета стрелы, м/с;  $H$  — высота подъема груза, м;  $v_{под}$  — скорость подъема груза, м/ч;  $\beta$  — угол поворота стрелы или грузовой платформы крана в плане, град.;  $n$  — частота вращения крана, с<sup>-1</sup>;  $A$  — коэффициент совмещения рабочих операций, в среднем при  $\beta = 90^\circ$   $A = 0,9$ ; при  $\beta = 135^\circ$   $A = 0,8$ ; при  $\beta = 180^\circ$   $A = 0,7$ ,  $t_3$  — время закрепления груза на крюковой подвеске или снятия груза, с;  $t_m$  — время манипуляции грузом при установке его в заданное положение, с.

Величины  $v_{пср}$ ,  $v_{под}$  и  $n$  определяются по технической характеристике крана, а величины  $S$ ,  $H$ ,  $\beta$ ,  $A$ ,  $t_3$  и  $t_m$  на основе привязки крана к конкретным условиям работы на объекте.

2. Производительность землеройно-транспортных машин (бульдозеров, скреперов). Землеройно-транспортные машины предназначены для копания, планировки и перемещения грунта, а также предварительного его уплотнения воздействием гусеничного или колесного ходового оборудования. В основу расчетов производительности ЗТМ циклического действия (бульдозера, скрепера, автогрейдера) положена формула

$$b_{т.ч} = q T_{ц}^{-1} \quad (5)$$

где  $T_{ц}$  — время рабочего цикла, определяется в соответствии с особенностями работы каждого типа машин;  $q$  — объем призмы грунта или ковша, м<sup>3</sup>.

Для приближенных расчетов производительности бульдозеров и скреперов может быть использована следующая формула [1]:

$$b_{т.ч} = 3,6 N_{дв} (K_k + T_{п} q_{п}^{-1}) \quad (6)$$

где  $N_{\text{дв}}$  — мощность двигателя номинальная, кВт;  $K_k$  — удельная величина сопротивления копания грунта, МПа;  $T$  — тяговое усилие при копании, кН;  $l_{\text{тр}}$  — длина пути транспортировки и холостого хода, длина участка работы, м;  $q_{\text{пр}}$  — объем призмы грунта перед отвалом бульдозера, объем грунта в ковше скрепера, м<sup>3</sup>.

Значение величины  $K_k$  для наиболее часто встречающихся типов грунтов [I] приведено в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Значение удельного сопротивления копания бульдозеров

Тип грунта	$K_k$ , МПа
Песок, супесь, суглинок мягкий	0,2—0,25
Суглинок без включений, гравий мелкий, средний, глина мягкая	0,25—0,34
Суглинок красный, глина средней крепости	0,32—0,4
Суглинок крепкий с щебнем, глина красная крепкая и очень крепкая	0,4—0,48

Примечание. Минимальное значение  $K_k$  принимается для бульдозеров большой мощности.

3. Производительность одноковшовых фронтальных погрузчиков. Одноковшовые фронтальные погрузчики служат для горизонтального перемещения грунта и насыпных материалов на расстояние до 100—400 м, а также погрузки их в отвал или в транспортное средство. Кроме того, они могут быть использованы для разработки грунтов I—II категории.

Техническая производительность определяется по формуле [1, 4]

$$b_{\text{т.ч}} = 3600qK_{\text{н}}/T_{\text{ц}}K_{\text{р}}, \quad (7)$$

или

$$b_{\text{т.ч}} = 3600q\gamma K_{\text{н}}/T_{\text{ц}}K_{\text{р}}, \quad (8)$$

где  $q$  — номинальный геометрический объем ковша, м<sup>3</sup>;  $\gamma$  — объемная масса транспортируемого материала в разрыхленном состоянии [15];  $K_{\text{н}}$  — коэффициент наполнения ковша,  $K_{\text{н}} = 0,6—1,1$ ;  $K_{\text{р}}$  — коэффициент разрыхления материала: для насыпного материала  $K_{\text{р}} = 1$ , при разработке грунта  $K_{\text{р}} = 1,25$  [4];  $T_{\text{ц}}$  — время рабочего цикла, с.

$$T_{\text{ц}} = t_3 + t_0 + t_{\text{т.р}} + t_{\text{р}} + t_{\text{х.х}} + t_{\text{п.п}} \quad (9)$$

где  $t_3$  — время заполнения ковша,  $t_3 = 4—12$  с (большое время принимается при разработке грунта);  $t_0$  — время отъезда из забоя,  $t_0 = 4—5$  с;  $t_{\text{т.р}}$  — время транспортировки,  $t_{\text{т.р}} = \frac{l}{v_{\text{т.р}}}$  с;  $l$  — дальность транспортировки материала, м;  $v_{\text{т.р}}$  — рабочая скорость при транспортировке материала,  $v_{\text{т.р}} = 2—4$  м/с;  $t_{\text{р}}$  — время разгрузки ковша,  $t_{\text{р}} = 2—3$  с;  $t_{\text{х.х}}$  — время холостого хода,  $t_{\text{х.х}} = \frac{l_{\text{х.х}}}{v_{\text{х.х}}}$  с;  $v_{\text{х.х}}$  — транспортная скорость погрузчика,  $v_{\text{х.х}} = 3—6$  м/с;  $t_{\text{п.п}}$  — время переключения передач,  $t_{\text{п.п}} = 4—10$  с.

При погрузке материала в транспортное средство, расположенное на расстоянии 4—8 м от забоя,

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{з}} + t_{\text{о}} + t_{\text{п}} + t_{\text{р}} + t_{\text{под}}. \quad (10)$$

где  $t_{\text{п}}$  — время подъезда к транспортному средству,  $t_{\text{п}} = 4—5$  с;  $t_{\text{под}}$  — время обратного подъезда к забою,  $t_{\text{под}} = 8—10$  с.

Если в качестве сменного рабочего оборудования на погрузчике установлена крюковая подвеска, то его производительность определяется по формуле

$$b_{\text{г.ч}} = \varepsilon 600 Q K_{\text{у}} / T_{\text{ц}}. \quad (11)$$

где  $Q$  — масса груза, поднимаемого за цикл, т;  $T_{\text{ц}}$  — время рабочего цикла, с;  $K_{\text{у}}$  — коэффициент, учитывающий условия работы,  $K_{\text{у}} = 0,85—0,9$  [15].

**4. Производительность катков.** Катки применяются для уплотнения грунта и дорожно-строительных материалов. Наиболее широко используются катки с гладкими вальцами, кулачковые катки и катки на пневматических шинах. Техническая производительность катков при уплотнении грунта определяется по формуле

$$b_{\text{г.ч}} = 360C(B - B_{\text{п}})h_0 / (v^{-1} + t_{\text{р}}t^{-1})n. \quad (12)$$

где  $B$  — ширина уплотнения, м;  $B_{\text{п}}$  — ширина перекрытия проходов,  $B_{\text{п}} = 0,15—0,2$  м;

$v$  — рабочая скорость катка: для легких кулачковых с вальцами (массой 3—5 т)  $v = 0,4—0,8$  м/с, для средних (массой 6—9 т) и тяжелых (массой 10—15 т)  $v = 0,3—2,4$  м/с, для прицепных пневмокатков  $v = 0,55—1,7$  м/с, для самоходных пневмоколесных — до 4 м/с;  $n$  — количество проходов катка: для катков с гладкими вальцами при уплотнении связных грунтов  $n = 8—12$ , несвязных грунтов  $n = 4—6$ , для пневмоколесных катков  $n = 2—6$  (большее  $n$  — для связных грунтов);  $l$  — длина проходов катка, м;  $t_{\text{р}}$  — время реверсирования движения катка в конце прохода  $t_{\text{р}} = 1—2$  с для прицепных катков вместо  $t_{\text{р}}$  проставляется время разворота  $t_{\text{р13}} = 60—70$  с целесообразнее большая длина проходов  $l$ , чем при челночном способе уплотнения грунта,  $h_0$  — толщина уплотненного слоя грунта, м.

Для кулачковых катков минимальное количество проходов определяется выражением

$$n = SK_{\text{неp}} F^{-1} m^{-1} \quad (13)$$

где  $S$  — площадь цилиндрической поверхности вальца, м<sup>2</sup>;  $F$  — площадь опорной поверхности одного кулачка, м<sup>2</sup>;  $m$  — количество кулачков на вальце;  $K_{\text{неp}}$  — коэффициент неравномерности перекрытия следов кулачков,  $K_{\text{неp}} = 1,3$ .

Толщина уплотненного слоя грунта при уплотнении катком:  
а) с гладкими вальцами

$$h_0 = 10^{-2}(0,08 \dots 0,11)\omega/\omega_0\sqrt{QR} \approx 0,15 \text{ м}, \quad (14)$$

где  $\omega$ ,  $\omega_0$  — фактическая и оптимальная (соответствующая пределу влагоемкости) относительные влажности грунта;  $Q$  — удельное линейное давление

валяца, Н/м;  $R$  — радиус вальца, м;

б) с пневматическими вальцами

$$h = 10^{-2} \cdot 0,156 \omega / \omega_0 \sqrt{G_k} \approx 0,3 \dots 0,4 \text{ м}, \quad (15)$$

где  $G$  — нагрузка на одно пневматическое колесо, Н;

в) с кулачковыми вальцами

$$h_0 = 0,65(l_k + b_k + h_p), \text{ м}, \quad (16)$$

где  $l_k$  — длина кулачка;  $b_k$  — минимальный размер (диаметр) опорной поверхности кулачка;  $h_p$  — глубина разрыхления кулачками поверхности грунта,  $h_p = 0,05$  м.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

### ПРИМЕР РАСЧЕТА ПОТРЕБНОСТИ В МАШИНАХ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ НА ОБЪЕКТАХ

Необходимо выполнить следующие виды и объемы земляных работ на объекте:

1. Срезку растительного слоя на площади 20 000 м<sup>2</sup>.
2. Снятие под отметку грунт объемом 5000 м<sup>3</sup>.
3. Выполнение окончательной планировки грунта 20 000 м<sup>2</sup>.
4. Рытье двух котлованов объемом 120 и 200 м<sup>3</sup>.
5. Рытье траншеи объемом 400 и 600 м<sup>3</sup>.

Грунт II категории плотности.

На основе анализа местоположения объекта и наличного парка строительной организации были приняты следующие машины для выполнения работ: автогрейдер тяжелого типа, скрепер с ковшом вместимостью 6 м<sup>3</sup>, экскаватор одноковшовый с ковшом вместимостью 0,5 м<sup>3</sup>.

В соответствии с ЕНиР на земляные работы нормы времени на производство единицы работ:

Автогрейдер тяжелый:

срезка 1000 м<sup>2</sup> растительного слоя  $N_{вр} = 3,2$  маш.-ч (табл. 2, § E2-1-6);

планировка поверхности  $N_{гр} = 0,19$  маш.-ч (табл. 3, § E2-1-37) за один проход.

Экскаватор одноковшовый гидравлический с ковшом обратная лопата вместимостью 0,5 м<sup>3</sup>.

разработка траншей с погрузкой в транспорт 100 м<sup>3</sup> — 3 маш.-ч (табл. 5, § E2-1-13);

разработка котлованов с погрузкой в транспорт 100 м<sup>3</sup> — 3,4 маш.-ч (табл. 7, § E2-1-11).

Скрепер прицепной с ковшом вместимостью 6 м<sup>3</sup>:

разработка грунта 100 м<sup>3</sup> — 1,7 маш.-ч с добавлением 0,1 маш.-ч на каждые следующие (100 м) 10 м транспортирования грунта (§ E2-1-21).

В соответствии с формулой (8) Методики определяем часовую эксплуатационную производительность машины на выполнение вида работ.

Автогрейдер:

на срезе растительного слоя

$$P_{экс-ч1} = 1000/3,2 = 312,5 \text{ м}^2/\text{маш.-ч};$$

на планировке

$$P_{экс-ч2} = 1000/(0,19 \cdot 3) = 1754,4 \text{ м}^2/\text{маш.-ч}.$$

## Скрепер

$$P_{\text{экс.ч}} = 100 / (1,7 + 4 \cdot 0,1) = 47,6 \text{ м}^3/\text{маш.ч.}$$

Экскаватор одноковшовый:  
на разработке котлованов

$$P_{\text{экс.ч1}} = 100 / 3,4 = 29,4 \text{ м}^3/\text{маш.ч.}$$

на разработке траншей

$$P_{\text{экс.ч}} = 100 / 3 = 33,3 \text{ м}^3/\text{маш.ч.}$$

По формуле (1) определяем потребность в машинах на выполнение выявленных объемов работ при односменной работе ( $T_{\text{см}} = 8,2$  ч с учетом коэффициента внутрисменного использования времени 0,85).

1. На срезку растительного слоя

$$P^1 = 20\,000 / (312,5 \cdot 8,2 \cdot 0,85) = 9,18 \text{ шт.}$$

По плану на выполнение этого вида работ отпущено 2 дня, поэтому потребность в машинах составит:

$$P^1 = 9,18 / 2 = 4,59 \text{ шт.}$$

Принимаем количество 5 шт. и рассчитываем фактическое время выполнения работы:

$$T_1 = 20\,000 / (312,5 \cdot 0,85 \cdot 5) = 15,1 \text{ маш.ч.}$$

2. На планировку поверхности

$$P^2 = 20\,000 / (1754 \cdot 0,85 \cdot 8,2) = 1,6 \text{ шт.}$$

Принимаем 2 машины и определяем время работы фактическое:

$$T_2 = 20\,000 / (1754 \cdot 4 \cdot 0,85 \cdot 2) = 6,7 \text{ маш.ч.}$$

3. На послонную разработку грунта (срок выполнения работы 8 дн.)

$$P^3 = 5000 / (47,6 \cdot 8,2 \cdot 0,85 \cdot 8) = 1,9 \text{ шт.}$$

Принимаем количество машин 2 шт. и определяем фактическое время работы:

$$T_3 = 5000 / (47,6 \cdot 0,85 \cdot 2) = 61,8 \text{ маш.ч.}$$

4. На разработку котлованов и траншей [формула (2)].

$$P^4 = (120 + 200) / (29,4 \cdot 0,85 \cdot 8,2 \cdot 2) = 0,78 \text{ шт.}$$

$$P^5 = (400 + 600) / (33,3 \cdot 0,85 \cdot 8,2 \cdot 6) = 0,72 \text{ шт.}$$

Принимаем количество экскаваторов 1 шт. и определяем фактическое время выполнения работ:

$$T_4 = (120 + 200) / (29,4 \cdot 0,85 \cdot 1) = 12,8 \text{ маш.ч.};$$

$$T_5 = (400 + 600) / (33,3 \cdot 0,85 \cdot 1) = 35,3 \text{ маш.ч.}$$

Так как работы выполняются последовательно, определяем общую продолжительность выполнения работ:

$$T_{\text{общ}} = (T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5) / T_{\text{с.м}} = (15,1 + 6,7 + 61,8 + 12,8 + 35,3) / 8,2 = 16,1 \text{ дн.}$$

На выполнение этих работ в указанные сроки потребуется 5 автогрейдеров, 1 экскаватор одноковшовый и 2 скрепера.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

### ПРИМЕР РАСЧЕТА ПОТРЕБНОСТИ В МАШИНАХ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ДЛЯ ТРЕСТА

Требуется определить потребность в строительных машинах треста для выполнения объемов земляных работ на планируемый год при следующих исходных данных:

1. Объем СМР в планируемом периоде составит 60 млн. руб.
2. Объем СМР в базовом периоде 54 млн. руб.
3. Объем земляных работ на 1 млн. руб. в отчетном периоде составил 70 тыс. м<sup>3</sup>.
4. Среднесписочное количество машин в отчетном периоде следующее:
 

экскаваторов одноковшовых	.60 м <sup>3</sup> вместимости ковша
бульдозеры	.280 т тяги
скреперов	.45 м <sup>3</sup> вместимости ковша
погрузчиков одноковшовых	.42 т грузоподъемности.
5. Структура способов механизации земляных работ в отчетном периоде:
 

экскаваторы одноковшовые	.0,47
бульдозеры	.0,38
скреперы	.0,1
погрузчики одноковшовые	.0,05

Вследствие внедрения прогрессивных технологий объем работ на 1 млн. руб. составит в плановом году 67 тыс. м<sup>3</sup>.

Выработка машин по сравнению с отчетным периодом должна возрасти на, %:

по экскаваторам одноковшовым	2;
по бульдозерам	.1,8;
по скреперам	.3;
по погрузчикам одноковшовым	.3,2;

Структура способов механизации в плановом периоде должна быть следующей:

экскаваторы одноковшовые	.0,41
бульдозеры	.0,36
скреперы	.0,13
погрузчики одноковшовые	.0,1

В соответствии с формулой (15) методики определим значение К для каждого вида машин:

для экскаваторов одноковшовых	$K_{\Sigma} = 0,818;$
для бульдозеров	$K_{\Sigma} = 0,891;$
для скреперов	$K_{\Sigma} = 1,206;$
для погрузчиков одноковшовых	$K_{\Sigma} = 1,855.$

В соответствии с формулой (14) методики, учитывая рост объема СМР в плановом году, определяем потребность в строительных машинах: по экскаваторам одноковшовым

$$P_1 = 60 / 54 \cdot 60 \cdot 0,818 = 54,5 \text{ м}^3 \text{ вместимость ковша.}$$

по бульдозерам

$$P_2 = 60/54 \cdot 280 \cdot 0,891 = 277 \text{ т тяги};$$

по скреперам

$$P_3 = 60/54 \cdot 45 \cdot 1,208 = 60 \text{ м}^3 \text{ вместимости ковша};$$

по погрузчикам одноковшовым

$$P_4 = 60/54 \cdot 42 \cdot 1,855 \text{ т} = 87 \text{ т грузоподъемности, или } 43 \text{ м}^3 \text{ вместимости ковша.}$$

## ПРИЛОЖЕНИЕ 7

### ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРЫ ПАРКА ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН ПО ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ПРОГРАММЕ

В соответствии с методическими положениями проведена оптимизация структуры парка машин. В результате выполненных расчетов определены способы производства земляных работ (табл. 1).

Таблица 1

#### Структура способов производства земляных и карьерных работ

Способы производства работ	В % к общему объему	
	фактические	рекомендуемые
Тракторами с навесным экскаваторным оборудованием	2,2	2
Экскаваторами одноковшовыми	37,6	35
Экскаваторами непрерывного действия	3,3	7,9
Скреперами	9,4	13,6
Бульдозерами	40,4	32,2
Автогрейдером	1,3	2,6
Погрузчиками одноковшовыми	1,1	2,6
Прочими средствами механизации	4,2	5
Вручную	0,5	0,3

Рекомендуемые способы производства земляных работ предусматривают снижение удельного веса работ, выполняемого одноковшовыми экскаваторами и бульдозерами при увеличении доли работ, выполняемых экскаваторами непрерывного действия, скреперами и погрузчиками одноковшовыми.

Сравнительные данные существующей и рекомендуемой структуры парка землеройных машин (табл. 2) указывают на необходимость снижения в парке одноковшовых экскаваторов удельного веса машин с ковшом вместимостью 0,4—0,5 м<sup>3</sup> при увеличении удельного веса более мощных машин.

Для экскаваторного способа производства работ с учетом роста единичной мощности одноковшовых экскаваторов необходимо расширить использование большегрузных автотранспортных средств. Среднюю грузоподъемность автомобилей-самосвалов и землевозов необходимо повысить в 1,4—1,5 раза.

В парке экскаваторов непрерывного действия должно быть изменено соотношение между цепными и роторными экскаваторами в сторону увеличения роторных с 30 % до 60 % общего состава парка.

Таблица 2

## Структура парка землеройных машин

Машины и главный параметр	В % по количеству	
	фактические	рекомендуемые
Экскаваторы одноковшовые с ковшом вместимостью, м <sup>3</sup> :		
0,4—0,5	48	39
0,65	33,5	35
1	13	14,7
1,25—1,6	5	10
2,5	0,5	1,2
Экскаваторы траншейные непрерывного действия, м <sup>3</sup> :		
цепные	70	40
роторные	30	60
Скреперы:		
самоходные, всего	21,6	76
в том числе с ковшом вместимостью, м <sup>3</sup> :		
8—10	24	47,3
15	3	22,4
25	0,1	6,3
прицепные, всего	78,4	24
в том числе с ковшом вместимостью, м <sup>3</sup> :		
3—4,5	45,9	—
6—8	22,8	8
10	9,4	10
15	0,3	6
Бульдозеры:		
гусеничные, всего	100	100
в том числе класса:		
3	44,9	—
6	25	40
10	24,9	35
15	3	12
25	2	10
35	—	3

Увеличение доли скреперного способа должно сопровождаться развитием самоходных скреперов. При этом удельный вес их по рекомендуемой структуре должен составлять 76 % вместо 21,6% по существующей. Значительную долю (28,7-%) в общем парке должны занимать самоходные скреперы с ковшом вместимостью 15—25 м<sup>3</sup>, а также прицепные скреперы с ковшом вместимостью 10—15 м<sup>3</sup>, доля которых должна составлять по рекомендуемой структуре 16 %.

Как показали выполненные расчеты, использование прицепных скреперов с ковшом вместимостью 3—4,5 м<sup>3</sup> на земляных работах неэффективно, поэтому эти машины из состава парка должны быть исключены.

Из парка бульдозеров целесообразно исключить гусеничные бульдозеры класса 3 т, которые по своим технологическим и техническим характеристикам не могут быть эффективно использованы на выполнении земляных работ.

Одновременно необходимо увеличить удельный вес гусеничных бульдозеров класса 6 т и более, в том числе в 5 раз класса 15—35 т агрегируемых в комплекте с рыхлителями.

Таблица 3

## Средняя единичная мощность землеройных машин

Машины	Единица измерения	При существующей структуре	По рекомендуемой структуре	Индекс роста мощности
Экскаваторы одноковшовые	м <sup>3</sup>	0,68	0,74	1,1
Бульдозеры	т тяги	6,9	10,5	1,52
Экскаваторы многоковшовые	кВт (л. с.)	59,2(80,5)	90,4(123)	1,53
Скреперы самоходные	м <sup>3</sup>	8,6	12,1	1,4
Скреперы прицепные	"	4,9	10,1	2,1

Изменение структуры парка землеройных машин позволит увеличить среднюю единичную мощность машин (табл. 3).

Приведение существующей структуры парка землеройных машин в соответствие с рекомендуемой позволит сократить численность парка на земляных работах на 10—15 %, повысить выработку одноковшовых экскаваторов на 7—10 %, скреперов — 15—20 %, бульдозеров — 12—15 % и тем самым снизить затраты на выполнение земляных работ одноковшовыми экскаваторами на 5—7 %, скреперами — 10—12 %, бульдозерами — 8—10 %.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 8

## ВАРИАНТ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В ОСНОВНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

Как показала отечественная и зарубежная практика, применение вычислительной техники в управлении народным хозяйством обеспечивает значительный экономический эффект. Определение и планирование потребности в средствах механизации для выполнения планируемого объема строительно-монтажных работ также относится к сфере управления (организации).

За рубежом широко используются методы определения потребности в машинах для выполнения работ на объекте с помощью ЭВМ. Как правило, все крупные фирмы—изготовители строительной техники предлагают потребителям выбрать оптимальный состав парка машин для выполнения как определенного вида работ, так и взаимосвязанных видов работ (по номенклатуре выпускаемой техники). Рассчитанный парк машин обеспечивает минимальные затраты потребителя на приобретение и эксплуатацию техники и выполнение объема строительно-монтажных работ в установленные сроки. Определение потребности в машинах выполняется с учетом конструктивно-планировочного решения объекта и технологии проведения работ, природно-климатических условий, наличия людских ресурсов и других факторов, а также технико-эксплуатационных особенностей машин. Выбор требуемого состава парка машин производится путем перебора большого количества вариантов парка по критерию минимума затрат на производство работ.

Задача определения потребности в строительных машинах на краткосрочный период решается фирмой при наличии конкретных объектов строительства, на которых будут работать машины, производимые этой фирмой.

В СССР определение и планирование потребности в средствах механизации для отрасли строительства выполняются на уровне Госплана СССР (союзных республик) и министерств (ведомств). Как было показано выше,

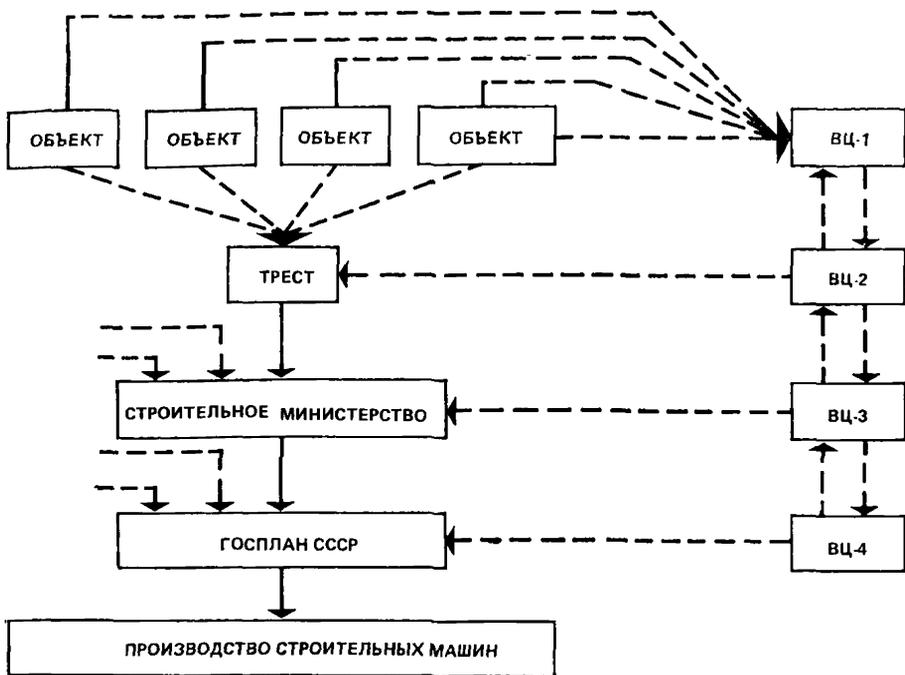


Рис. 1. Принципиальная схема структуры организации вычислительной системы для планирования потребности в строительных машинах по отрасли строительства

формирование потребности в машинных происходит снизу вверх по иерархической структуре управления отраслью, начиная с объекта и кончая министерством, а затем общая потребность сводится в Госплане СССР, и осуществляется планирование выпуска строительных машин по заводам.

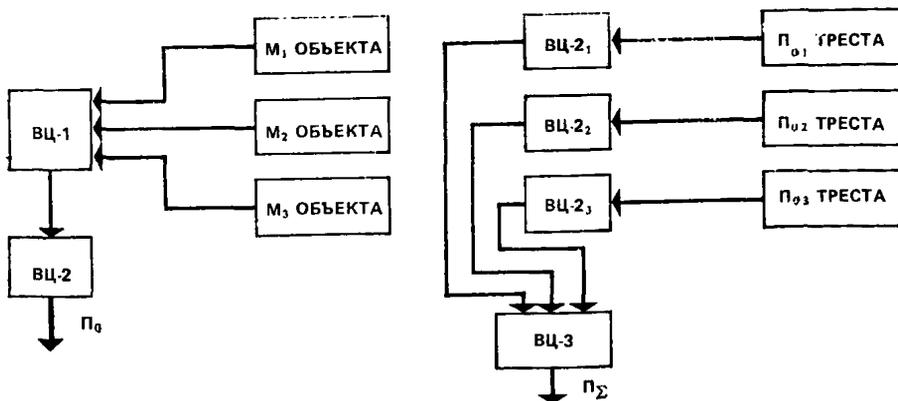


Рис. 2. Принципиальная схема организации обработки информации по определению потребности ВЦ-2 и ВЦ-3

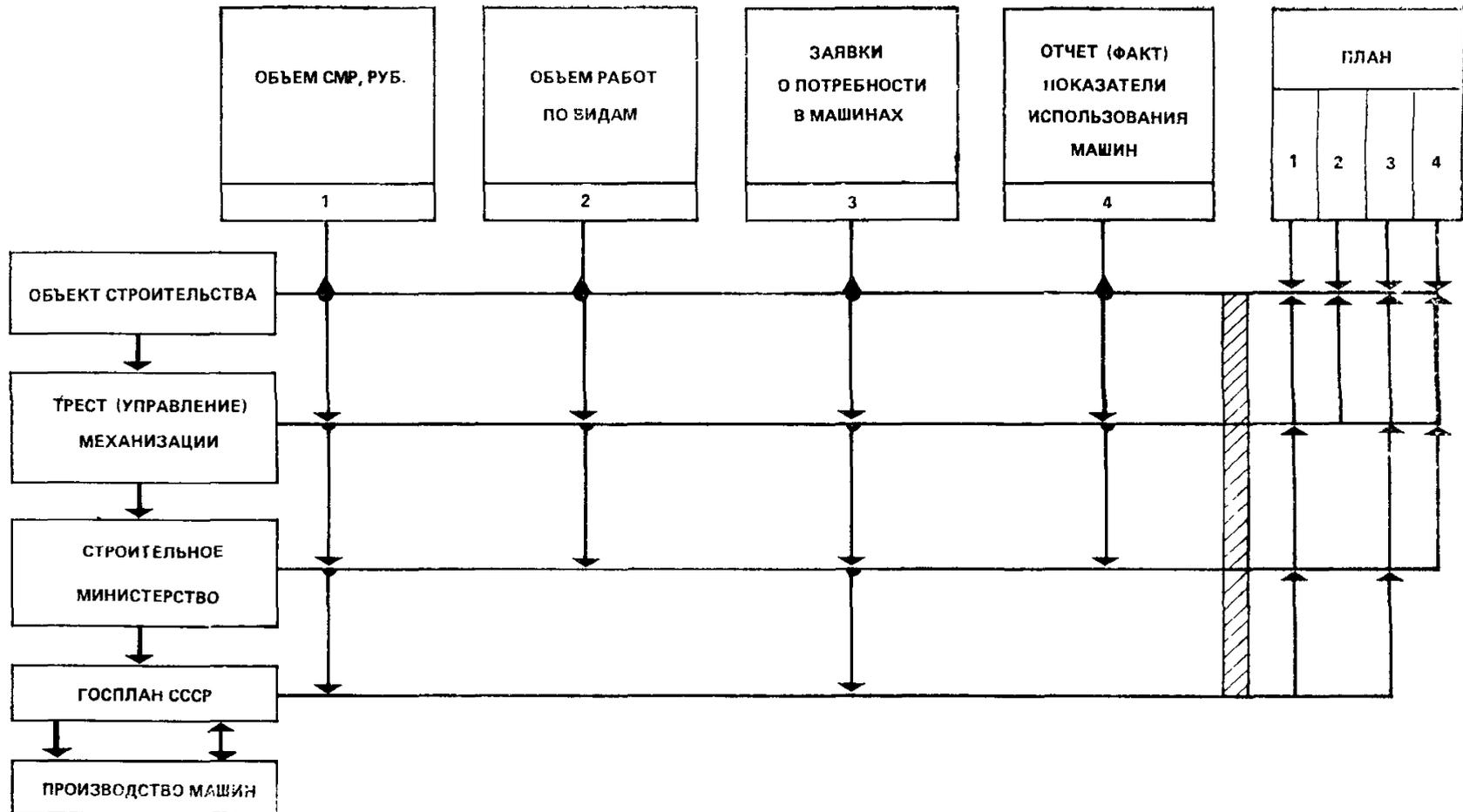


Рис. 3. Схема потоков информации по обоснованию (планированию) потребности в строительных машинах по отрасли строительства

Наличие в стране больших вычислительных центров, количество и мощность которых продолжает возрастать, создает предпосылки к созданию единой системы обеспечения расчетов потребности в машинах для отрасли строительства. Принципиальная структура организации такой системы представлена на рис. 1.

Математическое обеспечение по расчету потребности и формированию парка строительных машин для объекта выполняется проектными организациями (ВЦ-1), и информация передается вычислительному центру треста (ВЦ-2), который выполняет увязку потребности в машинах и распределение парка в соответствии со сроками и объемами работ по объектам, которые он ведет (работа ВЦ-1 и ВЦ-2 представлена на рис. 2). Трест, получая данные расчетов ВЦ-2, организует работу парка машин. Для отдельных объектов потребность в машинах должна определяться трестом (ВЦ-2).

Тресты сами либо их вычислительные центры (ВЦ-2), связанные с вычислительным центром министерства (ВЦ-3), передают данные по потребности в машинах министерству, вычислительный центр которого производит увязку и распределение машин по трестам, а также формирует заявку по потребности (поставке) машин и передает ее в Госплан СССР (ВЦ-4). Госплан СССР, получив данные по потребности от министерств (ВЦ-4), координирует план производства строительных машин на предприятиях, производящих данную технику.

Госплан СССР доводит до министерств сведения о степени удовлетворения заявки на поставку (выделение) машин министерствам, вычислительные центры которых проводят привязку уже фактического наличия машин и передают данные в тресты. Тресты на основе полученных данных по поставке машин планируют выполнение объемов работ (по ограниченному кругу возводимых объектов) в соответствии с возможностью гарантированного обеспечения под эти объемы материальными и трудовыми ресурсами.

Схема обмена информацией между структурными подразделениями управления отраслью строительства на этапе формирования парка строительных машин представлена на рис. 3.

Применение предлагаемой структуры организации расчета и планирования потребности в строительных машинах в отрасли строительства позволит оперативно решать задачу формирования эффективного парка строительных машин строительными организациями как на планируемый год, так и на перспективу, а также успешно решать задачу координации выпуска (поставки) строительной техники.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баловнев В. И., Ермилов А. Б. Оценка эффективности дорожно-строительных машин на этапе проектирования. — М.: МАДИ, 1984. — 102 с.
2. Борисов Е. Д. О методике выбора стреловых самоходных кранов. — Транспортное строительство, 1973, № 10. — С. 49—50.
3. Инструкция по определению экономической эффективности новых строительных, дорожных, мелиоративных машин, противопожарного оборудования, лифтов, изобретений и рационализаторских предложений. — Ч. I — М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1978. — 253 с.
4. Казаринов В. И., Фохт Л. Г. Одноковшовые погрузчики в строительстве. — М.: Стройиздат, 1975. — 239 с.
5. Казаринов В. М., Мензуренко А. С., Поляков В. И., Полосин М. Д. Механовооружение строительства. Обзор. — М.: ВНИИИС Госстроя СССР, 1984. — 72 с.
6. Кендал М., Стюарт А. Теория распределения. — М.: Наука, 1966. — 587 с.
7. Кукла В. А. Технология и организация производства земляных работ. — Киев, Будівельник, 1978. — 176 с.
8. Мензуренко А. С. Вопросы выбора бульдозеров в зависимости от условий производства // В кн.: Внедрение комплексной механизации и автоматизации производственных процессов в строительство и промышленность строительных материалов: Тезисы докладов Всесоюзной конференции молодых ученых и специалистов. — М.: Стройиздат, 1976. — 165 с.
9. Мензуренко А. С., Шаламов А. Н. Определение структуры земляных работ с помощью вероятностных методов обработки информации: ЭИ. — Серия 13. — Вып. II. — М.: ВНИИИС Госстроя СССР, 1984. — 12 с.
10. Методические рекомендации по внедрению системы организационно-технологической подготовки производства земляных работ. — М.: ЦНИИОМТП Госстроя СССР, 1986. — 96 с.
11. Методические рекомендации по формированию машинных парков строительных организаций (основные принципы и методы расчета). — Киев, НИИСП Госстроя УССР, 1975. — 146 с.
12. Мещик Ч. П. Формирование эффективных парков машин для строительных работ. — М.: Стройиздат, 1981. — 111 с.
13. Рекомендации по технологии разработки грунтов с применением новых машин и навесного оборудования. — М.: Стройиздат, 1984. — 95 с.
14. Технологические схемы возведения одноэтажных промышленных зданий. Вып. II. Монтаж надземной части. — М.: ЦНИИОМТП Госстроя СССР 1978. — 168 с.
15. Фохт Л. Г. Новые одноковшовые погрузчики для строительства. — М.: Изд. ВНИЦентра, 1984. — 65 с.
16. Шафранский В. Н., Чистяков А. Т. Определение потребности в строительных машинах. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1983. — 144 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	3
1. Общие положения . . . . .	4
2. Определение потребности в строительных машинах для выполнения работ на объекте . . . . .	6
Расчет потребности в строительных машинах . . . . .	6
Определение объемов строительно-монтажных работ в натуральном выражении . . . . .	8
Выбор структуры способов механизации . . . . .	9
Определение эксплуатационной выработки строительных машин . . . . .	11
3. Определение потребности в строительных машинах треста (управления) механизации . . . . .	12
Расчет потребности в строительных машинах по укрупненным показателям . . . . .	12
Определение потребности в строительных машинах с использованием метода оптимизации . . . . .	16
4. Определение потребности в строительных машинах строительных министерств и ведомств . . . . .	22
Расчет потребности в строительных машинах . . . . .	22
Определение норм потребности в строительных машинах . . . . .	23
Определение физических объемов строительно-монтажных работ по видам . . . . .	25
Определение структуры способов механизации строительно-монтажных работ . . . . .	27
Определение эксплуатационной выработки строительных машин . . . . .	28
Учет влияния тенденций развития механизации строительства . . . . .	29
Приложение 1. Примерная номенклатура строительных машин . . . . .	30
Приложение 2. Перечень отраслей народного хозяйства . . . . .	30
Приложение 3. Структура способов механизации основных видов строительно-монтажных работ . . . . .	31
Приложение 4. Примеры методов расчета технической производительности ряда строительных машин . . . . .	32
Приложение 5. Пример расчета потребности в машинах для выполнения земляных работ на объектах . . . . .	36
Приложение 6. Пример расчета потребности в машинах для выполнения земляных работ для треста . . . . .	38
Приложение 7. Пример определения структуры парка землеройных машин по оптимизационной программе . . . . .	39
Приложение 8. Вариант применения вычислительной техники для определения потребности в основных строительных машинах . . . . .	41
Список литературы . . . . .	45

*Нормативно-производственное издание*

ЦНИИОМТП Госстроя СССР

**Методическое пособие по определению потребности в основных строительных машинах**

Редактор Н. Ф. Бобров  
Мл. редактор И. Я. Драчевская  
Технический редактор Н. Н. Удалова  
Корректор Г. А. Кравченко  
Н/К

---

Сдано в набор 01.04.88. Подписано в печать 17.10.88. Формат 60×90 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага тип. № 2. Гарнитура «Литературная». Печать высокая. Усл. печ. л. 3.0. Усл. кр.-отт: 3,25. Уч.-изд. л. 3,68. Тираж 12000 экз. Изд. № XII-2358. Заказ 212. Цена 20 коп.

---

Стройиздат, 101442, Москва, Каляевская, 23а

Калужское производственное объединение «Полиграфист»,  
509281, г. Калуга, пл. Ленина, 5