

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 69.003:658.011.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СИСТЕМ МАШИН И ИХ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ

д-р экон. наук, проф. Н.А. ДУБРОВСКИЙ (Полоцкий государственный университет)

Представлен разработанный подход к формированию оптимальных систем машин и их параметров, базирующийся на использовании экономико-математических моделей и ЭВМ

Для удовлетворения потребностей рынка на предприятиях производится самая разнообразная продукция, которая должна иметь определенные характеристики, в том числе высокое качество и доступные цены.

Меняющиеся условия производства, связанные с внедрением результатов научно-технического прогресса, развитием рыночных отношений вызвали необходимость разработки новых подходов к созданию и применению машин и их систем. Для определения лучшего варианта новой техники в качестве критерия эффективности необходимо использовать эффект от ее производства и эксплуатации. В качестве связующего звена между эффектом и параметрами машин, систем и их оптимизацией нужно использовать производительность труда, которая рассматривается как результат взаимодействия производительности живого труда и производительной способности средств труда. Следует обратить особое внимание на то, что производительность живого труда обеспечивается производительностью системы машин; орудие труда нужно рассматривать не как самостоятельный фактор, а как элемент системы. Применение предложенного подхода связано также с комплексным учетом основных факторов: характеристики применяемых машин, их совместимость с предметами труда, условия эксплуатации, организация, технология, динамика производства, его вероятностный характер и др.

Для практического использования методических основ предлагаемого подхода необходимо выразить производительность труда и совокупные затраты отдельных процессов и систем машин через технико-экономические характеристики машин, а также показатели, отражающие технологию, организацию и планирование производства.

Данный подход предполагает также использовать в качестве объекта исследования в основном системы машин.

Система машин занимает место отдельной самостоятельной машины только в том случае, когда предмет труда проходит последовательный ряд взаимосвязанных частичных процессов, которые выполняются цепью разнородных, но дополняющих друг друга рабочих машин [1].

Из работ ряда ученых [2, 3] видно, что при проведении исследований в качестве систем машин рассматриваются их комплекты и парки.

Комплект машин - это совокупность взаимоувязанных по производительности и другим параметрам основных и вспомогательных средств механизации, необходимых для механизированного выполнения всех процессов и операций, входящих в состав комплексного процесса и обеспечивающих выполнение заданного объема в установленные сроки [4].

На практике применяются различные методы формирования комплектов машин: увязка машин по производительности; обеспечение согласованной работы комплекта с использованием резерва машин (нагруженного и ненагруженного); применение теории массового обслуживания и др.

Однако несмотря на значительное количество исследований, разработанных методик по расчету параметров комплектов применять их в области разработки мерзлых грунтов невозможно. Машины, входящие в комплект для разработки мерзлого грунта, в течение определенного времени могут работать независимо друг от друга, что достигается с помощью заделов. Задел в процессе работы машин с различной производительностью изменяется. Его изменение должно осуществляться в определенных пределах. Он не может быть меньше значения, которое обеспечивает безопасную работу машин, и больше некоторой величины, так как разрыхленный мерзлый грунт под действием отрицательной температуры повторно смерзается. Исходя из этого, необходимо проверять возможность формирования комплектов из отобранных машин и целесообразность их использования в данных условиях исходя из того, что заданный объем работ будет выполнен в требуемый срок. Учитывая указанные особенности, разработана специальная методика формирования комплектов машин для разработки мерзлых грунтов базирующаяся на исследовании комплексного процесса получения конечного продукта.

В общем случае производительность комплекта

$$\Pi_k = \frac{V_k}{T_k},$$

где V_k – объем работ, выполненный комплектом в единицах конечной продукции; T_k – время работы комплекта при производстве заданного объема продукции, ч.

В зависимости от характера строящегося объекта конечная продукция комплекта может быть измерена различными показателями: м, м², м³ и т.п. Время T_k определяется исходя из структуры комплексного процесса разработки мерзлых грунтов, графическое изображение которого приведено на рис. 1.

Из этого графика получаем

$$T_k = \sum_{\rho=1}^{n_{pn}-1} T_{он(\rho+1)\rho} + T_{нос},$$

где n_{pn} – количество рабочих процессов, выполняемых при разработке мерзлых грунтов; ρ – индекс рабочего процесса ($\rho = 1, 2, \dots$); $T_{он(\rho+1)\rho}$ – отставание начала $(\rho+1)$ -того процесса относительно начала ρ -того, ч; $T_{нос}$ – продолжительность выполнения последнего рабочего процесса, ч.

Значение T_k можно также рассчитать по формуле

$$T_k = T_{перв} + \sum_{\rho=1}^{n_{pn}-1} T_{оо(\rho+1)\rho},$$

где $T_{перв}$ – продолжительность выполнения первого рабочего процесса, ч; $T_{оо(\rho+1)\rho}$ – время отставания окончания $(\rho+1)$ -того рабочего процесса относительно ρ -того, ч.

Количество рабочих процессов зависит от характера объектов в начальном и конечном состояниях.

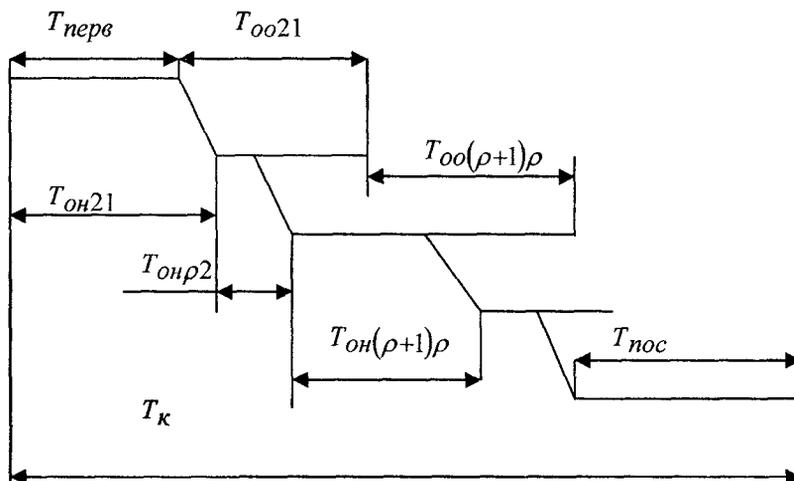


Рис. 1. График выполнения комплексного процесса разработки мерзлых грунтов

При определении $T_{он(\rho+1)\rho}$ или $T_{оо(\rho+1)\rho}$ учитываются производительность процессов, соотношение производительностей смежных процессов, степень одновременности их выполнения.

Рабочие процессы могут выполняться последовательно или параллельно-последовательно. При последовательном выполнении процессов каждый последующий начинается только после завершения предыдущего. Значение $T_{он(\rho+1)\rho}$ в этом случае равно или продолжительности выполнения ρ -того рабочего процесса, или сумме продолжительностей ρ -того процесса и перерыва, если между ρ -тым и $(\rho+1)$ -тым процессами есть перерыв

$$T_{он(\rho+1)\rho} = T_{п\rho},$$

или

$$T_{он}(\rho+1)\rho = T_{нр} + T_{пер\rho(\rho+1)},$$

где $T_{нр}$ – продолжительность ρ -того процесса, ч; $T_{пер\rho(\rho+1)}$ – продолжительность перерыва между окончанием ρ -того и началом $(\rho+1)$ -того рабочих процессов, ч.

Если рабочие процессы выполняются параллельно-последовательно, то величина опережения зависит от особенностей разрабатываемых объектов, соотношения производительностей смежных процессов, перерывов между ними и т.п.

Для организации параллельно-последовательного выполнения процессов необходим задел, который в любой момент параллельного выполнения процессов не должен быть меньше определенного значения, обеспечивающего безопасную и непрерывную работу машин. Его значение

$$V_{з\rho(\rho+1)} = F_{з\rho(\rho+1)}H(\rho+1),$$

где $F_{з\rho(\rho+1)}$ – площадь задела, необходимая для организации нормальной работы машин на ρ -том и $(\rho+1)$ -том рабочих процессах, м²; $H(\rho+1)$ – глубина выработки на $(\rho+1)$ -том процессе, м.

При определении площади задела учитывают размеры работающих машин, их количество, организацию работы, технику безопасности и т.п. Существенное влияние на $F_{з\rho(\rho+1)}$ оказывает конфигурация объектов.

При разработке траншей и котлованов, если машина, выполняющая $(\rho+1)$ -тый процесс, двигается поперек

$$F_{з\rho(\rho+1)} = B_0(L_{пз(\rho+1)} + L_p),$$

где B_0 – ширина объекта; $L_{пз(\rho+1)}$ – длина рабочей зоны машины, выполняющей $(\rho+1)$ -тый процесс, м; L_p – минимально допустимый разрыв между рабочими зонами машин, выполняющих смежные процессы, м.

При расположении захваток вдоль объекта

$$F_{з\rho(\rho+1)} = B_3L_3,$$

где B_3 и L_3 – соответственно ширина и длина захватки.

Если производительности смежных процессов Π_n одинаковы, то задел при параллельной работе машин не изменяется.

При $\Pi_{нр} > \Pi_n(\rho+1)$ задел увеличивается, а при $\Pi_{нр} < \Pi_n(\rho+1)$ он уменьшается.

Исходя из этого при $\Pi_{нр} > \Pi_n(\rho+1)$ $(\rho+1)$ -тый процесс начинается как только будет создан минимально необходимый задел $V_{з\rho(\rho+1)}$

$$T_{он}(\rho+1)\rho = \frac{V_{з\rho(\rho+1)}}{\Pi_{н\rho}}.$$

Ввиду того, что при $\Pi_{нр} < \Pi_n(\rho+1)$ задел при параллельном выполнении процессов уменьшается, к началу выполнения $(\rho+1)$ -того процесса он должен быть таким, чтобы, уменьшаясь, его величина компенсировала различие в производительности процессов и достигала своего минимального значения в момент окончания ρ -того процесса. В данном случае

$$T_{он}(\rho+1)\rho = T_{н\rho} - \tau_{\rho(\rho+1)},$$

где $\tau_{\rho(\rho+1)}$ – время параллельного выполнения ρ -того и $(\rho+1)$ -того рабочих процессов, ч.

Время параллельной работы

$$\tau_{\rho(\rho+1)} = T_n(\rho+1) - T_{оо}(\rho+1)\rho.$$

Время отставания окончания $(\rho + 1)$ -того процесса относительно окончания ρ -того

$$T_{оо}(\rho+1)_{\rho} = \frac{V_{з\rho}(\rho+1)}{\Pi_n(\rho+1)}$$

Тогда

$$T_{он}(\rho+1)_{\rho} = \frac{V_{н\rho}}{\Pi_{н\rho}} - \frac{1}{\Pi_n(\rho+1)} (V_n(\rho+1) - V_{з\rho}(\rho+1)).$$

Полученные зависимости для определения $T_{он}(\rho+1)_{\rho}$ позволяют определять его значение, если фактические и расчетные значения начала процессов совпадают. Однако начать тот или иной процесс в расчетные сроки не всегда удается. Между возможным и фактическим началами процессов имеют место перерывы.

Тогда при $\Pi_{н\rho} > \Pi_n(\rho+1)$

$$T_{он}^{\phi}(\rho+1)_{\rho} = T_{он}(\rho+1)_{\rho} + T_{нпер}(\rho+1),$$

где $T_{нпер}(\rho+1)$ – продолжительность перерыва между возможным и фактическим началами выполнения $(\rho + 1)$ -того процесса.

При $\Pi_{н\rho} < \Pi_n(\rho+1)$ имеем

$$T_{он}^{\phi}(\rho+1)_{\rho} = T_{н\rho} - \tau_{\rho}(\rho+1) + T_{нпер}(\rho+1)$$

При формировании комплектов необходимо помимо определения их производительности решать вопросы, связанные с выяснением возможности их создания из выбранных машин и целесообразности использования в данных условиях, исходя из того, что заданные объемы работ будут выполнены в срок.

Возможность создания комплекта из имеющихся машин проверяется по условию

$$T_{он}^{\phi}(\rho+1)_{\rho} \leq T_{доп} \geq T_{оо}^{\phi}(\rho+1)_{\rho} \tag{1}$$

Значение $T_{доп}$ зависит от особенностей грунта, характера выполняемых работ, температуры наружного воздуха и т.п. Для разработки мерзлых грунтов в качестве $T_{доп}$ можно принять время, в течение которого подготовленный к выемке грунт начнет повторно смерзаться ($T_{смер}$).

Для решения вопроса о том, сможет ли комплект выполнить к заданному сроку требуемый объем работ, проверяют условие

$$\sum_{\rho=1}^{n_{\rho n}-1} T_{он}(\rho+1)_{\rho} + T_{нос} \leq T_{нор},$$

где $T_{нор}$ – допустимая продолжительность выполнения заданного объема работ, ч.

Из условия (1) можно определить допустимое значение перерыва между возможным и фактическим началами $(\rho + 1)$ -того процесса

$$T_{нпер}(\rho+1) \leq T_{доп} - T_{он}(\rho+1)_{\rho},$$

$$T_{опер}(\rho+1) \leq T_{доп} - T_{оо}(\rho+1)_{\rho}.$$

С другой стороны, время перерыва между возможным и фактическим началами $(\rho + 1)$ -того процесса должно удовлетворять условию, чтобы все последующие за $(\rho + 1)$ -тым процессы с учетом перерывов были выполнены за отведенное и время

$$T_{нпер}(\rho+1) = T_{нор} - \left(\sum_{\rho=1}^{n_{\rho n}-1} T_{он}(\rho+1)_{\rho} + \sum_{\rho}^{n_{\rho\rho}-2} T_{нпер}(\rho+1) + T_{нос} \right)$$

Определив $T_{нпер}(\rho+1)$ по полученным зависимостям, выбирают наименьшее значение, которое и будет характеризовать допустимое смещение фактического начала для $(\rho + 1)$ -того процесса.

Таким образом, предложенный метод и зависимости позволяют определять производительность комплекта, возможность его формирования с учетом особенностей машин и условий их работы в заданных условиях.

Предложенный метод позволяет для расчетов параметров комплектов использовать ЭВМ.

Модель расчета производительности комплекта учитывает особенности разрабатываемых объектов, применяемых машин, видов сочетания процессов. Она включает в себя зависимости и ограничения, характеризующие выемочные машины, машины-рыхлителя и показатели их работы.

Устанавливается вид разрабатываемого объекта (объем)

$$\begin{aligned} V_o &= L_o B_o H_o, \\ V_p &= L_p B_p H_{np}, \end{aligned}$$

где L_o, H_o – соответственно длина и ширина объекта, м; L_p, B_p, H_p – соответственно длина, ширина и толщина слоя мерзлого грунта, м.

Выбираются выемочные машины. Отбор машин осуществляется по техническим характеристикам. В качестве выемочных машин приняты одноковшовые экскаваторы с ковшами емкостью 0,5, 0,65 и 1,0 м³ и бульдозеры на тракторах мощностью от 80 до 220 кВт.

Определяется производительность выемочных машин на объекте

$$P_{mv} = \frac{V_{en}}{H_{ep}} \kappa_v,$$

где V_{en} – объем работ, принятый за единицу измерения в ЕНиР, H_{ep} – норма времени по ЕНиР на принятую единицу измерения работ; κ_v – коэффициент перехода от производственных норм к сметным.

На выемке грунта могут использоваться одна или несколько машин.

Если на объекте работает одна машина, то производительность выемки

$$P_v = P_{mv} P_g,$$

где P_g – вероятность надежной работы машин на объектах; исходя из анализа работы машин принято, что $P_g = 0,9$.

Время выемки грунта

$$T_v = \frac{V_o}{P_v}.$$

После определения времени выемки грунта выбирается вид сочетания процессов, который может быть последовательным или параллельно-последовательным. Для отражения этого положения в модель вводятся соответствующие обозначения (при последовательном сочетании процесс = 16, при параллельно-последовательном – процесс = 12).

При последовательном выполнении процессов проверяется условие

$$T_v + T_{nep} \leq T_{смер} \quad (2)$$

Если условие (2) соблюдается, то переходят к расчету параметров рыхления. Если (2) не соблюдается, то выбирается более производительная машина или переходят к параллельно-последовательному сочетанию процессов, а от него – к процессу рыхления.

Расчет параметров рыхления начинается с выбора типа машины-рыхлителя. Для выбранной машины-рыхлителя в соответствии с выемочной машиной рассчитывается производительность.

Методы определения производительности рыхлителей приведены в [5].

После расчета производительности рыхления выбирается вид сочетания процессов. Если выбрано последовательное сочетание процессов, то проверяется условие

$$T_p + T_{nep} \leq T_{смер}, \quad (3)$$

где T_p – время рыхления мерзлого грунта, ч.

Если условие (3) соблюдается, то определяется время работы комплекта

$$T_k = T_p + T_{nep} + T_v$$

Если условие (3) не соблюдается, то выбирается более производительная машина для рыхления грунта. При невозможности применить последовательное сочетание процессов переходят к параллельно-последовательному их выполнению.

Земляные работы на объекте должны быть выполнены за определенное время ($T_{нор}$). Для выявления этого обстоятельства после расчета T_k проверяется условие

$$T_k \leq T_{нор} \quad (4)$$

Если условие (4) соблюдается, то определяется производительность комплекта

$$P_k = \frac{V_k}{T_k} \quad (4')$$

При организации параллельно-последовательного выполнения процессов последовательность расчета показателей зависит от соотношения производительностей рыхления и выемки. Для определения последовательности расчета производительности проверяется условие

$$P_p \frac{H_o}{H_{np}} > P_v \quad (5)$$

Если условие (5) не соблюдается, то имеем следующую последовательность расчетов. Определяется минимально необходимый задел

$$V_3 = L_3 B_3 H_o.$$

Продолжительность отставания окончания выемки относительно окончания рыхления

$$T_{оовр} = \frac{V_3}{P_v}$$

Значение $T_{оовр}$ с учетом перерыва между расчетным и фактическим началами выемки не должно быть больше времени повторного смерзания грунта, т.е.

$$T_{оовр} + T_{пер} \leq T_{смер} \quad (6)$$

Если условие (6) соблюдается, то определяется время параллельного выполнения процессов рыхления и выемки

$$\tau = T_v - T_{оовр} - T_{пер}.$$

Если (6) не соблюдается, то выбирается более производительная выемочная машина из имеющегося парка. Если из имеющихся машин при условии, что $n_g = 1$, сформировать комплект нельзя, то увеличивается количество машин на выемке. После определения τ рассчитывается отставание начала выемки от начала рыхления

$$T_{онвр} = T_p - \tau$$

Значение $T_{онвр}$ с учетом перерывов не должно быть больше времени повторного смерзания грунта

$$T_{онвр} + T_{пер} \leq T_{смер} \quad (7)$$

Если условие (7) соблюдается, то рассчитывается продолжительность работы комплекта

$$T_k = T_{онвр} + T_{пер} + T_v \quad (7')$$

Если условие (7) не соблюдается, то $T_{онвр}$ уменьшается за счет увеличения производительности машин-рыхлителей или их количества

Найденная продолжительность работы комплекта должна быть не более допустимой, т.е.

$$T_k \leq T_{нор}$$

Если условие (4) соблюдается, то определяется производительность комплекта по формуле (4'). При несоблюдении условия (4) производительность комплекта увеличивается за счет производительности выемочной машины.

Если условие (5) соблюдается, то применяется следующая последовательность расчета P_K .

Рассчитывается минимально необходимый задел

$$V_3 = L_3 B_3 H_{np}$$

Время отставания начала выемки грунта относительно начала рыхления

$$T_{онвр} = \frac{V_3}{P_p}$$

Полученное значение $T_{онвр}$ с учетом перерыва должно удовлетворять условию

$$T_{онвр} + T_{пер} \leq T_{смер}$$

Если условие (7) удовлетворяется, то определяется время параллельного выполнения процессов

$$\tau = T_p - T_{онвр} - T_{пер}$$

Если условие (7) не выполняется, то $T_{онвр}$ уменьшается за счет использования более производительных машин-рыхлителей или их количества. После определения τ находится продолжительность отставания окончания выемки относительно окончания рыхления

$$T_{оовр} = T_v - \tau$$

Найденное значение $T_{оовр}$ с учетом перерывов должно быть меньше $T_{смер}$, т.е.

$$T_{оовр} + T_{пер} \leq T_{смер}$$

Если (6) не выполняется, то $T_{оовр}$ уменьшается за счет производительности или количества выемочных машин. При соблюдении условия (6) определяется время комплекта по формуле (7'). Полученное время работы комплекта

$$T_K \leq T_{нор}.$$

Если (4) не соблюдается, то T_K уменьшается за счет производительности выемки. Если (4) соблюдается, то определяется производительность комплекта по формуле (4'). Последовательность расчета P_K приведена в виде блок-схемы (рис. 2).

Предложенный подход позволяет измерить производительность системы машин.

При оценке эффективности разработки мерзлых грунтов рассматривается весь комплексный процесс, т. е. рыхление и выемка, определяются затраты на конечную для этого процесса продукцию. Для проведения анализа эффективности затраты выражаются через параметры техники, технологии и организации.

Приведенные затраты на выемку грунта

$$Z_{npv} = C_v + E_n K_{ов},$$

где C_v – себестоимость выемки грунта, руб.; E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений; $K_{ов}$ – капитальные вложения в выемочные машины, руб.

Себестоимость выемки грунта

$$C_v = \kappa'_{np} C_{M-чв} T_v + K_{3n} \kappa''_{np} L_0 B_0 / 100,$$

где κ'_{np} – коэффициент накладных расходов на затраты по эксплуатации машин; κ''_{np} – коэффициент накладных расходов на зарплату рабочих, участвующих в технологическом процессе, за исключением персонала, непосредственно связанного с управлением машиной; $C_{M-чв}$ – себестоимость машино-ч. выемочной машины, руб.; K_{3n} – коэффициент перехода к заработной плате от разрабатываемой площади.

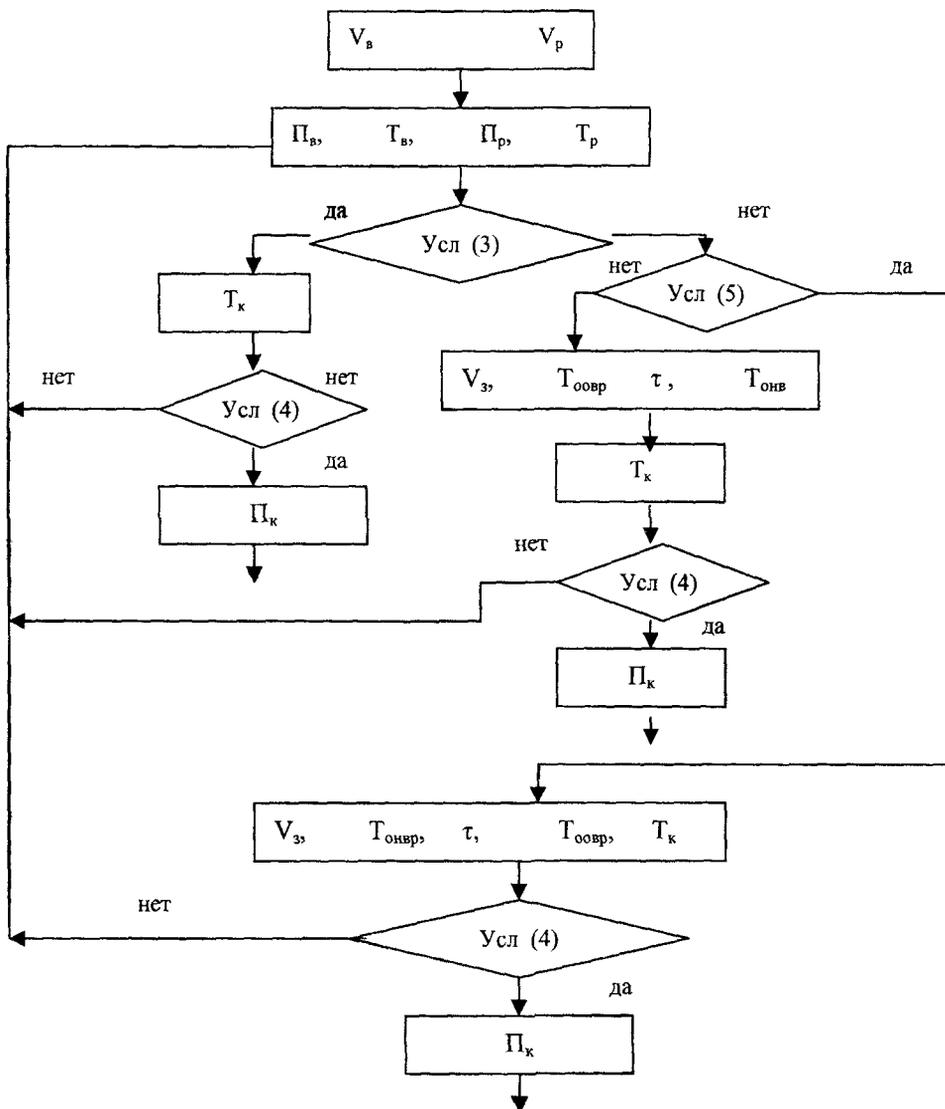


Рис 2 Укрупненная блок-схема расчета производительности комплекта машин

Капитальные вложения в выемочные машины

$$K_{ов} = K_{вм} T_v / T_{год}$$

где $K_{вм}$ – капитальные вложения в выемочную машину, руб , $T_{год}$ – годового фонд времени работы выемочной машины, ч

Значение $K_{вм}$ определяется по формуле

$$K_{вм} = \kappa_v C_{вм}$$

где κ_v – коэффициент перехода от оптовой цены машины к ее балансовой стоимости, $C_{вм}$ – оптовая цена выемочной машины, руб

Затраты, приходящиеся на рыхление мерзлого грунта

$$C_{рх} = C_{м-чрх} T_{рх} \kappa_{нр}$$

где $C_{м-чрх}$ – себестоимость машино-ч машины-рыхлителя руб /ч

Для расчета капитальных вложений в машины-рыхлители $K_{ор}$ можно использовать различные зависимости. Так, если рыхлительное навесное оборудование монтируется на базовую машину только на сезон разработки мерзлых грунтов, то

$$K_{op} = \left(\frac{K_{px} T_p}{T_{год}} + \frac{K_{но} T_p}{T_{но}} \right),$$

где K_{px} и $K_{но}$ – соответственно капитальные вложения в базовую машину и навесное оборудование, руб.; $T_{но}$ – время эксплуатации навесного оборудования в течение года, ч.

Если рыхлительное оборудование используется в течение всего года, то

$$K_{op} = K_{px} \frac{T_p}{T_{год}}.$$

Приведенные затраты, связанные с рыхлением грунта

$$З_{нрpx} = C_{px} + E_n K_{op}.$$

После определения $З_{нрв}$ и $З_{нрpx}$ рассчитывают приведенные затраты на разработку грунта

$$З_{нрк} = З_{нрв} + З_{нрpx}.$$

При проведении исследований, связанных с оптимизацией разработки мерзлых грунтов, в зависимость для определения приведенных затрат можно вместо отдельных величин подставлять выражение (формулы) для подсчета их значений. Так, например, имеем

$$З_{нрpx} = K'_{нр} C_{м-чpx} T_p + E_n K_{op}$$

Подставив вместо T_p его выражение, через параметры разработки получим

$$З_{нрpx} = K'_{нр} n_{px} C_{м-чpx} \left(\frac{B_o - B_{cp}}{l_{нр}} + 1 \right) \left[\frac{L_o}{V_{cp}} + n_{zl} \left(\frac{L_{om}}{V_{он}} + \frac{L_{ом}}{V_{нод}} + \frac{L_{нep}}{V_{нep}} \right) \right] + E_n K_{op},$$

где B_{cp} – ширина следа рыхления, образуемого в грунте рабочим органом машины, м; $l_{нр}$ – расстояние между центрами соседних продольных следов рыхления, м; V_{cp} – скорость образования следа рыхления, м/ч; n_{zl} – количество захваток на которые делится объект; L_{om} – величина перемещения рабочего органа при его опускании и подъеме, м; $V_{он}$ и $V_{нод}$ – скорости опускания и подъема рабочего органа машины, м/ч; $L_{нep}$ и L_{ep} – расстояние и скорость переезда машины с одного прохода на другой, м и м/ч.

Полученная формула дает возможность увязать между собой технику, технологию, организацию и экономику, она позволяет оптимизировать их значение. При исследовании модели можно получить данные о технологии рыхления, скорости образования следа рыхления, производительности комплекта, приведенных затратах. Полученные результаты дают возможность определить предельные цены на создание новой техники и оптимальные затраты на ее эксплуатацию. Исследование модели позволяет получить данные для проектирования и изготовления машин, определить затраты на их производство с учетом уровня производительности, обеспечиваемого этими орудиями труда в оптимальной системе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. - 2-е. изд. - Т. 23. - С. 393.
2. Казаринов В.М. Система машин - перспектива комплексной механизации // Механизация строительства. - 1981. - № 10. - С. 10 - 17.
3. Каниюка Н.С., Пазин В.В. Улучшать использование машинных парков в условиях рассредоточенного строительства // Механизация строительства. - 1986. - № 3. - С. 17 - 18.
4. Каниюка Н.С., Долотов А.В., Северинский М.Л. Выбор комплектов машин для поточного строительства // Механизация строительства. - 1976. - № 1. - С. 23.
5. Дубровский Н.А. Управление производительностью труда при разработке мерзлых грунтов. - Новополоцк: 1993.-С. 168.