

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОМПЛЕКТА МАШИН ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

И. Г. БАСОВ, Н. А. ДУБРОВСКИЙ

(Представлена научным семинаром кафедры экономики промышленности
и организации предприятий)

Зимние земляные работы обычно включают предварительную подготовку мерзлого грунта к выемке, выполняемую машинами-рыхлителями, и собственно выемку грунта землеройными машинами.

Операции эти могут выполняться последовательно или параллельно-последовательно.

При последовательном выполнении операций длительность разработки грунта T_n определяется как сумма затрат времени на рыхление T_1 и непосредственно выемку T_2 , т. е.

$$T_n = T_1 + T_2.$$

Показатели T_1 и T_2 могут быть определены по зависимостям:

$$T_1 = \frac{V}{Q_{ij}}, \quad T_2 = \frac{V}{Q_{\varphi j}},$$

где Q_{ij} и $Q_{\varphi j}$ — соответственно производительность машины-рыхлителя и выемочной машины.

Зная объем V и продолжительность T_n разработки грунта, можно определить производительность комплекта

$$Q_n = \frac{V}{T_n}, \text{ в } \text{м}^3/\text{час}.$$

При последовательном выполнении операций необходимо соблюдать условие

$$T_1 \leq T_{\text{см}} \geq T_2,$$

где $T_{\text{см}}$ — время, необходимое для повторного смерзания подготовленного к выемке грунта.

Если рыхление и выемка грунта осуществляются параллельно-последовательно, то при определении производительности комплекта необходимо учитывать соотношение производительностей машин, входящих в комплект, и время их параллельной работы. Последовательность определения производительности комплекта машин при различных соотношениях производительностей рыхлителей и экскаваторов приведены в таблице.

По предложенным выше формулам проведено исследование характера изменения производительности комплекта в зависимости от типа и количества рыхлителей (n) и выемочных машин (m).

Методика исследования заключалась в следующем. Задавались начальные параметры комплекта и определялась его производительность. После изменения одного из параметров определялась производительность нового комплекта и выражалась через параметры начального. Подобные действия производились до тех пор, пока не становилось ясным влияние того или иного параметра на характер изменения производительности комплекта.

Т а б л и ц а

Наименование показателей	Зависимости для определения показателей при соотношениях производительностей		
	$Q_{ij} > Q_{\varphi j}$	$Q_{ij} = Q_{\varphi j}$	$Q_{ij} < Q_{\varphi j}$
Выбирается тип выемочной машины	φ_1	φ_2	φ_3
Производительность машин	$Q_{\varphi j1}$	$Q_{\varphi j2}$	$Q_{\varphi j3}$
Выбирается тип рыхлителя	i_1	i_2	i_3
Отношение разрыхленного мерзлого грунта рабочим органом рыхлителя к подготовленному к выемке	S_1	S_2	S_3
Производительность рыхлителя	Q_{ij1}	Q_{ij2}	Q_{ij3}
Минимально допустимая величина задела	$V_{3\min_1}$	$V_{3\min_2}$	$V_{3\min_3}$
Время работы только однотипных машин	$T'_1 = \frac{V_{3\min_1}}{Q_{ij1}}$	T'_1 или T'_2	$T'_2 = \frac{V_{3\min_3}}{Q_{\varphi j3}}$
Возможность формирования комплекта по условию	$T'_1 \leq T_{\text{см}}$	$T'_1 \leq T_{\text{см}} \quad T'_2 \leq T_{\text{см}}$	$T'_2 = T_{\text{см}}$
Время выемки грунта		$T_2 = \frac{V}{Q_{\varphi j}}$	
Время подготовки мерзлого грунта к выемке		$T_1 = \frac{V}{Q_{ij}}$	
Время совместной работы машин	$\tau = T_1 - T'_1$	τ	$\tau = T_2 - T'_2$
Время работы только однотипных машин	$T'_2 = T_2 - \tau$	T'_2 или T'_1	$T'_1 = T_1 - \tau$
Возможность формирования комплектов по условию	$T'_2 \leq T_{\text{см}}$		$T'_1 \leq T_{\text{см}}$
Время разработки заданного объема грунта	$T_{\text{пп}} = T_2 + T'$	$T_{\text{пп}}$	$T_{\text{пп}} = T_1 + T'_2$
Производительность комплекта		$Q_{\text{пп}} = \frac{V}{T_{\text{пп}}}$	

Анализ полученных результатов показал следующее:

1. При $nQ_{ij} < Q_{\varphi j}$ и малых значениях n можно достигнуть значительного изменения производительности комплекта за счет изменения количества машин-рыхлителей.
2. Если $nQ_{ij} > Q_{\varphi j}$, то добиться существенного увеличения производительности комплекта путем увеличения n невозможно.
3. Производительность комплекта при $Q_{ij} > mQ_{\varphi j}$ и увеличении m изменяется за счет уменьшения времени выемки грунта и увеличения T'_1 .
4. В случае $Q_{ij} < mQ_{\varphi j}$ с увеличением количества выемочных машин производительность комплекта не изменяется.

5. С изменением производительности машины-рыхлителя производительность комплекта существенно изменяется при соблюдении условия $Q_{ij} < Q_{\varphi j}$ и незначительно при $Q_{ij} > Q_{\varphi j}$.

6. Если изменяется производительность выемочной машины, то производительность комплекта изменяется как за счет уменьшения времени выемки грунта, так и изменения продолжительности подготовки его к выемке.

Одновременно с исследованием характера изменения производительности комплектов машин от различных факторов рассматривался вопрос об изменении величины приведенных затрат, связанных с работой комплектов, который позволил выяснить следующее:

а) при изменении производительности комплектов путем увеличения количества машин, приведенные затраты увеличиваются;

б) если производительность комплекта изменяется за счет производительности входящих в него машин, то величина приведенных затрат может оставаться постоянной, увеличиваться или уменьшаться.

Кроме того, анализ влияния различных факторов на производительность комплекта и характер изменения затрат на разработку мерзлого грунта показал, что с увеличением количества однотипных машин, входящих в комплект, имеет место непропорциональное повышение его производительности при пропорциональном увеличении приведенных затрат. Возможны и такие случаи ($Q_{ij} < mQ_{\varphi j}$), когда увеличение количества выемочных машин в комплекте не повышает его производительности, но увеличивает приведенные затраты.

Таким образом, при составлении комплектов машин из однотипных рыхлителей и однотипных выемочных машин можно, изменяя их количество, получить равнозначные по производительности, но различающиеся по приведенным затратам комплекты. В данном случае имеют место четко выраженные потери комплекта — «внутрикомплектные» потери. На основе этого можно сделать предположение, что внутрикомплектные потери будут в любом комплекте, если не соблюдается условие $nQ_{ij} = mQ_{\varphi j}$.

Проверялось это положение следующим образом. Для комплекта машин с $nQ_{ij} = mQ_{\varphi j}$ определялись значения производительности Q и проведенных затрат $Z_{пр}$. Затем определялось, сколько таких же рыхлителей и выемочных машин необходимо включить в комплект для достижения той же производительности Q при соблюдении условия $nQ_{ij} = mQ_{\varphi j}$.

Определение количества машин начиналось с расчета времени отставания окончания работы выемочных машин

$$T'_2 = \frac{V_3}{Q_{\varphi j}}.$$

Но поскольку для рассчитываемого комплекта $nQ_{ij} = mQ_{\varphi j}$, то $T'_{2p} = T'_{1p}$. В силу равенства производительностей сравниваемых комплектов и время выполнения одинаковых объемов работ этими комплектами будет равным, т. е. $T = T_p$.

Затем для известного значения T_p определялась продолжительность подготовки мерзлого грунта к выемке $T_{1p} = T_p - T'_{2p}$ и продолжительность его выемки $T_{2p} = T_p - T'_{1p}$. Наконец, необходимое количество рыхлителей и выемочных машин находилось из выражений

$$n = \frac{V}{T_{1p} Q_{ij}}, \quad m = \frac{V}{T_{2p} Q_{\varphi j}}.$$

После определения количества машин, входящих в комплект, определялась величина приведенных затрат ($Z_{пр.р}$) и производилось их сопоставление с $Z_{н.р}$.

При $nQ_{ij} > mQ_{\varphi j}$ получается следующая картина. Выравнивание времени подготовки мерзлого грунта к выемке с временем выемки происходит за счет изменения количества машин, входящих в комплект, т. к. Q_{ij} , $Q_{\varphi j}$ и V — величины постоянные. Причем количество рыхлителей уменьшается (увеличивается T_1), а количество выемочных машин увеличивается (уменьшается T_2).

При определении приведенных затрат получилось, что для комплекта, у которого выдерживается условие $nQ_{ij} = mQ_{\varphi j}$, имеется экономия на единовременных затратах и капитальных вложениях для машин-рыхлителей, но поскольку увеличивается количество выемочных машин, то имеется и увеличение приведенных затрат, связанных с выемкой грунта.

Следовательно, величина приведенных затрат у комплекта с равной производительностью рыхлителей и выемочных машин будет меньше величины приведенных затрат комплекта, для которого соблюдается условие $nQ_{ij} > mQ_{\varphi j}$, пока экономия, дающаяся рыхлителями, будет больше перерасхода, дающегося выемочными машинами. Данное заключение может быть записано с помощью выражения

$$З_{пр\cdot n} - З_{пр\cdot пр} \gg З_{пр\cdot вр} - З_{пр\cdot в},$$

где $З_{пр\cdot n}$ и $З_{пр\cdot в}$ — соответственно величина приведенных затрат на рыхление и выемку грунта при условии $nQ_{ij} \neq mQ_{\varphi j}$;

$З_{пр\cdot пр}$ и $З_{пр\cdot вр}$ — соответственно величина приведенных затрат на рыхление и выемку грунта при условии $nQ_{ij} = mQ_{\varphi j}$.

В случае $nQ_{ij} < mQ_{\varphi j}$ выравнивание производительностей рыхлителей и выемочных машин происходит только за счет уменьшения количества выемочных машин (увеличение T_2). Приведенные затраты на рыхление мерзлого грунта для сравниваемых комплектов остаются одинаковыми, у выемочных машин всегда имеется экономия для комплекта, в котором выдерживается условие $nQ_{ij} = mQ_{\varphi j}$.

В данном случае всегда соблюдается неравенство

$$З_{пр\cdot n} + З_{пр\cdot в} > З_{пр\cdot пр} + З_{пр\cdot вр}$$

в силу того, что $З_{пр\cdot n} = З_{пр\cdot пр}$ и $З_{пр\cdot в} > З_{пр\cdot вр}$.

Из вышесказанного следует, что в комплекте машин с $nQ_{ij} \neq mQ_{\varphi j}$ имеют место внутрикомплектные потери.

Следовательно, при формировании комплектов машин для ведения зимних земляных работ необходимо стремиться к тому, чтобы разность между производительностями рыхлителей и выемочных машин была минимальной, т. е. $nQ_{ij} - mQ_{\varphi j} \rightarrow \min$.