ГОССТРОЙ СССР

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И ПРОЕКТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ОРГАНИЗАЦИИ,
МЕХАНИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ СТРОИТЕЛЬСТВУ
(ЦНИИОМТП)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ БУЛЬДОЗЕРАМИ С РЫХЛИТЕЛЯМИ

МОСКВА–1987

gost.e-ecolog.ru

ГОССТРОЙ СССР

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И ПРОЕКТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ОРГАНИЗАЦИИ,
МЕХАНИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ СТРОИТЕЛЬСТВУ
(ЦНИИОМТП)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ БУЛЬДОЗЕРАМИ С РЫХЛИТЕЛЯМИ

МОСКВА–1987

УДК 624.139:621.878.25(083.1)

Рекомендовано к изданию решением секции технологии строительного производства Научно-технического совета ЦНИИОМТП Госстроя СССР

Методические рекомендации по технологии разработки мерзлых грунтов бульдозерами с рыхлителями. М., 1987, 48 с. (Госстрой СССР. Центр. науч.-исслед. и проектно-эксперим. ин-т организации, механизации и техн. помощи стр-ву. ЦНИИОМТП).

В рекомендациях рассмотрены вопросы организации и технологии разработки мерзлых грунтов бульдозерами с рыхлителями, намечены пути снижения технологических простоев этих машин в процессе разработки, приведены результаты исследований оптимизации работы рыхлителя, рассмотрен пример определения рационального состава технологического комплекса землеройных машин.

Методические рекомендации предназначены для инженерно-технических работников строительных организаций, а также сотрудников институтов и трестов Оргтехстрой .

Методические рекомендации подготовлены отделом земляных работ ЦНИИОМТП Госстроя СССР (к.т.н. А.З.Голуб).

© Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт организации, механизации и технической помощи строительству Госстроя СССР (ЦНИИОМТП). 1987

М 30207-192-87

Одним из наиболее трудоемких процессов производства земляных работ является разработка мерзлых грунтов, объем которых по стране составляет около 13% всего объема разрабатываемого мерзлого грунта.

В настоящее время для разработки мерзлых грунтов промышленностью выпускаются серийно следующие землеройные машины:

цепные и роторные траншейные экскаваторы ЭТР-134, ЭТЦ-165, ЭТЦ-208Ц, ЭТР-223 и др.–для разработки траншей;

бульдозеры с рыхлителями на базе тракторов Т-130.1.Г-1, Т-180КС, ДЭТ-250М, Т-330 и экскаваторы с навесными гидропневматическими, пневматическими молотами марок СП-62, СП-71, ГПМ-300, ГПМ-120, с захватно-клещевым устройством и рабочим органом рыхлителя (зубом) - для рыхления мерзлых грунтов.

Наряду с механическим способом разработки мерзлого грунта применяется взрывной, щелевзрывной и буровзрывной способы. Для бурения шпуров и скважин в мерзлых грунтах используют буровые машины. Для щелевзрывного способа рыхления мерзлого грунта при нарезании щелей используются баровые машины и траншейные экскаваторы.

В данных рекомендациях отражены вопросы разработки сезонномерзлых грунтов бульдозерами с рыхлителями. Эффективность использования бульдозеров с рыхлителями на разработке мерзлых грунтов во многом зависит от рациональной организации работ на строительной площадке, наиболее важными условиями которой являются:

организация работ с минимальными технологическими простоями, исключающая повторное смерзание разрыхленного грунта;

применение технологических схем, обеспечивающих минимальный объем разрабатываемого мерзлого грунта, наименьшее время его разработки и минимальные приведенные затраты.

В данных рекомендациях рассмотрены вопросы рациональной организации работы бульдозеров с рыхлителями на рыхлении и сдвижке грунта, работающих в комплексе с одноковшовыми экскаваторами на погрузке и разработке немерзлого грунта; рациональный состав комплекса землеройных машин определен графоаналитическим методом по критериям безопасности, несмерзаемости разрыхленного и непромерзаемости разрабатываемого грунта, минимизации времени разработки и технологических простоев машин.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Бульдозеры с рыхлителями относятся к землеройным машинам, широко применяемым на разработке мерзлых грунтов. Технические характеристики бульдозеров с рыхлителями даны в табл. I.

Таблица I

Технические характеристики бульдозеров с рыхлителями

Показатели	ДЗ-II6А	-	ДЗ-I26А	ДЗ-94С
Базовый трактор				
Марка	Т-I30.I.Г-I	Т-I80КС	ДЭТ-250М	Т-330
Управление	Г и д р а в л и ч е с к о е			
Колея, мм	I880	2040	2450	2350
Номинальная мощность, кВт	II8	I32,5	243	243
Ширина гусеницы, мм	203	620	690	690
База трактора, мм	2473	23I4	4440	4485
Рыхлительное оборудование				
Тип	ДП-26С	ДП-22С	ДП-9ВХЛ	ДП-I0С
Максимальное заглубление зуба, мм	450	500	700	700
Габаритные размеры с трактором и бульдозером (в транспортном положении),мм*				
длина	6350	8350	8655	8740
ширина	3220	3640	4540	4730
высота	3065	2825	3I80	3050
* Параметры даны с бульдозером	ДЗ-II0	ДЗ-35С	ДЗ-II8	ДЗ-59С

Применение бульдозеров с рыхлителями повышенной мощности наиболее эффективно на разработке мерзлых грунтов.

Такое рыхление производят, как правило, одним зубом рыхлителя.

На сдвижке разрыхленного грунта можно использовать менее мощные бульдозеры с рыхлителями.

Для эффективной работы бульдозера на сдвижке направление его движения должно совпадать с направлением движения рыхлителя.

С понижением температуры и увеличением влажности грунта увеличивается его прочность, в результате чего уменьшается эффективность рыхления. Кроме того, эффективность рыхления снижается и при рыхлении высокотемпературных пластичных мерзлых грунтов.

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ БУЛЬДОЗЕРАМИ С РЫХЛИТЕЛЯМИ

Разработку мерзлых грунтов, в основном, производят при последовательном рыхлении и сдвижке разрыхленного грунта. Учитывая, что мощные бульдозеры с рыхлителями дефицитны, строители часто, параллельно с ними, применяют на сдвижке разрыхленного грунта в отвал менее мощные бульдозеры тягового класса IC-I5 тс. В этом случае сначала производят рыхление мерзлого грунта в объеме ($V_{заг}$), необходимом для включения в работу менее мощного бульдозера (или бульдозера с рыхлителем) на сдвижку грунта. Затем разработку мерзлого грунта производят при параллельной работе машин на рыхлении и сдвижке грунта.

При значительных объемах работ рыхление и сдвижку мерзлого грунта производят захватками. Величину захватки ($V_{зах}$) устанавливают из условия исключения повторного смерзания разрыхленного грунта в объеме работ, не менее сменной и не более I...5 суточной выработки машины (в зависимости от температуры наружного воздуха). При этом в процессе разработки мерзлого грунта часто появляются вынужденные простои рыхлителя или бульдозера из-за отсутствия фронта работ. Технологическая последовательность работы рыхлителя и бульдозера в этом случае зависит от вида неравенства производительностей машин на рыхлении ($П_{рых}$) и сдвижке ($П_{б}$) грунта.

Если $П_{рых} > П_{б}$, рыхлитель закончит рыхление

мерзлого грунта на захватке раньше бульдозера и будет вынужден простаивать, так как при его непрерывной работе разрыхленный грунт в заделе начнет смерзаться. Время вынужденного простоя $T_{т.п}^{рых}$ равно времени, в течение которого объем не сдвинутого бульдозером разрыхленного грунта уменьшится до $V_{зад}$. По истечении времени $T_{т.п.}^{рых}$ рыхлитель возобновит работу на следующей захватке, и в дальнейшем технологическая последовательность его работы может повторяться. Бульдозер при этом работает непрерывно.

Если производительность рыхлителя меньше производительности бульдозера, технологическая последовательность работы машин на разработке мерзлого грунта отличается от вышеописанной. В этом случае первоначальный объем разрыхленного грунта ($V_{зад}^{рых}$) в процессе последующей взаимной работы рыхлителя и бульдозера будет непрерывно уменьшаться и к концу работы рыхлителя на захватке станет равен объему разрыхленного грунта в безопасном интервале между машинами ($V_{зад\ т.б.}^{рых}$). Дальнейшая взаимная работа машин становится опасной. Бульдозер будет вынужден простаивать в течение времени ($T_{т.п.}^{б}$), при котором объем разрыхленного грунта увеличится до объема первоначального задела ($V_{зад}^{рых}$). По истечении времени $T_{т.п.}^{б}$ бульдозер продолжит работу на сдвижке грунта на следующей захватке, и в дальнейшем технологическая последовательность его работы может повторяться. Рыхлитель при этом работает непрерывно.

Практика показала, что при чрезмерно большом назначении числа захваток уменьшается производительность машин в результате увеличения переводов машин с захватки на захватку и доли вспомогательных операций внутри цикла для таких машин, как рыхлитель.

Чрезмерное же уменьшение числа захваток снижает производительность бульдозера из-за увеличения расстояния перемещения грунта, увеличивает время разработки мерзлого грунта из-за уменьшения доли совмещения операций и повторного смерзания разрыхленного грунта.

При глубине промерзания грунта 0,5...0,6 м производится разработка одним слоем (*при достаточном тяговом усилии трактора*), то есть $H_{р}$ = 0,5...0,6 м. При большей глубине промерзания разработку мерзлого грунта производят послойно.

Расстояние между параллельными проходами рыхлителя машинист устанавливает с таким условием, чтобы происходил скол мерзлого грунта, и гребешки, получаемые от проходов рыхлителя, не превышали 0,1-0,15 м, что способствует более эффективной последующей работе бульдозера.

При невыполнении этого условия и работе на прочных грунтах (число ударов ударника ДорНИИ около 60) рыхление производят при движении рыхлителя и в перпендикулярном направлении или под некоторым углом, не допуская смещения стойки зуба в ранее сделанную прорезь.

При послойной разработке выемок (траншей, котлованов и т.п.) в мерзлом грунте необходимо учитывать технологическое сужение выемки на величину ширины рыхлителя после рыхления каждого слоя вследствие расположения зуба рыхлителя по продольной оси.

Сдвижку разрыхленного грунта наиболее эффективно производить бульдозером при лобовом толкании грунта траншейным способом.

Для улучшения тягово-сцепных качеств базового трактора необходимо:

перед началом рыхления удалить снежный покров с разрабатываемого участка (снег рекомендуется убирать с площади, которая может быть разрыхлена в течение 4–5 ч);

на неровной местности рыхление мерзлого грунта производить при движении рыхлителя в направлении уклона.

ГРАФОАНАЛИТЕЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА КОМПЛЕКСА ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН И КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА ИХ РАБОТЫ НА РАЗРАБОТКЕ ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ В МЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

При последовательном выполнении операций рыхления и сдвижки на разработке мерзлого грунта календарный план работы бульдозера и рыхлителя определяют послойно по аналитическим формулам.

Величину задела ($V_{зад_i}$), выполняемого рыхлителем для бульдозера, определяют в зависимости от вида неравенства производительностей бульдозера ($П_б$) и рыхлителя ($П_{рых}$) на рыхлении и сдвижке грунта по следующим формулам: если $П_{рых} \geqslant П_б$, то $V_{зад_i} = П_б T_{см}$; если $П_{рых} < П_б$, то $V_{зад_i} = П_{рых} T_{см}$ При $V_{зад_i} < V_{раз_i}$ мерзлый грунт разрабатывают захватками.

При параллельной работе рыхлителя и бульдозера подбор оптимального состава комплекса машин и определение календарного плана их работы производят в результате построения графиков Ганта, которые являются одновариантной статической моделью, отображающей картину фиксированного во времени положения работ. Для этого определяют:

рациональную глубину рыхления $H_р$ (по табл. 2 или расчетом);

количество разрабатываемых слоев мерзлого грунта (n);

технологический объем грунта ($V_{раз}$) с учетом сужения выемки на величину ширины рыхлителя после рыхления каждого разрабатываемого слоя мерзлого грунта;

схему производства работ;

путь перемещения разрыхленного грунта в отвал;

производительность рыхлителя и бульдозера (по нормативным данным).

Таблица 2

Опытные значения для некоторых грунтовых условий глубины рыхления $H_р$ в зависимости от прочности грунта

Грунт	Прочность грунта, определяемая ударником ДорНИИ, кол-во ударов	$H_р$, м
Для рыхлителя на базе трактора ДЭТ-250М		
Суглинок	IC0...III	0,6
-"-	I30...I52	0,45
Супесь	52...98	0,4
Суглинок с вкраплениями щебня	33...60	0,6
То же	60...85	0,5
Для рыхлителя на базе трактора Т-I30.I.Г-I		
Суглинок	50...60	0,25
Для рыхлителя на базе трактора Т-330		
Гумусированная супесь	50...IC0	0,65
То же	I30	0,3
-"-	I50	0,2

Расчет рациональной глубины рыхления производят в зависимости от вида неравенства производительностей рыхлителя и бульдозера.

При большей (или равной) производительности рыхлителя относительно бульдозера величину заделов $V_{заg\,i}$ при рыхлении каждого слоя мерзлого грунта определяют из условия безопасной взаимной работы машин:

$$V_{заg\,i} = V^{рых}_{заg\,т.б.\,i} \ .$$

Для наиболее часто применяемой на практике схемы расположения рыхлителя и бульдозера на участке разрабатываемого мерзлого грунта (рис. I) $V^{рых}_{заg\,т.б.\,i}$ определяют по формуле

$$V^{рых}_{заг\,т.б.\,i} = \left[A_{б.р.}(N_{общ}-1)+B_б N_б + B_р(N_р-1)+0{,}5B_р\right] x_i H_{слоя_i}\ , \quad (I)$$

где $A_{б.р.}$ – безопасное расстояние между работающими машинами (определяют по СНиП III-4-80), м;

$N_{общ}$ – общее количество машин, участвующих в процессе разработки грунта;

$B_б$ – ширина отвала бульдозера, м;

$B_р$ – ширина отвала рыхлителя, м;

$N_б$ – количество бульдозеров;

$N_р$ – количество рыхлителей;

x_i – послойная длина рабочего хода рыхлителя (принимается согласно принятой схеме производства работ), м;

$H_{слоя_i}$ – глубина разрабатываемого слоя, м.

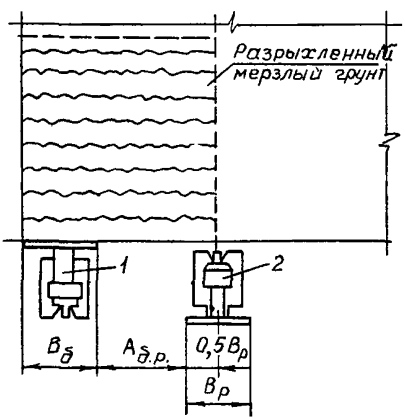


Рис. I. Схема расположения бульдозера и рыхлителя на разрабатываемой площадке:
I-бульдозер; 2-рыхлитель

Чтобы исключить возможность повторного смерзания разрыхленного мерзлого грунта в процессе его разработки, необходимо выполнение следующего условия:

$$V^{рых}_{заг\,т.б.} \leqslant V_{см}\ , \quad (2)$$

где $V_{см}$ – объем повторно смерзшегося разрыхленного грунта за время

$$T_{см} = \frac{V_{см}}{П_{рых}}\ .$$

Время $T_{см}$ зависит от климатических условий. При температуре воздуха от -20 до -25°С (средняя полоса) $T_{см}$ принимают равным продолжительности смены (8,2 ч) или суток (24 ч). При температуре воздуха выше -20°С значение $T_{см}$ принимают равным двум-трем суткам.

Если $V^{рых}_{зад\,т.б.} > V_{см}$, то необходимо применить более производительный бульдозер.

При выполнении условия (2) строят графики работы рыхлителя и бульдозера в координатах: ось абсцисс - время T, ось ординат - объем работ (грунта) $V_{раз}$ (рис. 2а). По оси ординат последовательно откладывают объем послойно разрабатываемого мерзлого грунта на каждом слое ($V_{раз\,i}$) и из полученных точек проводят прямые, параллельные оси абсцисс, которые являются границами графиков работы машин на разработке слоев мерзлого грунта.

Затем строят график работы рыхлителя. Для этого из начала координат проводят прямую с углом наклона α_i ($tg\alpha_i = П_{рых\,i}$). По оси ординат откладывают $V^{рых}_{зад\,т.б.\,i}$ от начала разработки слоев мерзлого грунта и из полученных точек проводят горизонтальные прямые до пересечения с графиком работы рыхлителя. Переносом этих точек на ось абсцисс определяют время начала работы бульдозера ($t^{б}_{н_i})_{расч.}$ на каждом разрабатываемом слое мерзлого грунта.

Затем строят график работы бульдозера в виде прямой с углом наклона β ($tg\beta = П_{б}$). При этом необходимо иметь в виду, что если время начала работы бульдозера на разработке II-го слоя мерзлого грунта ($t^{б}_{н_2}$) меньше расчетного ($t^{б}_{н_2})_{расч.}$, то необходимо предусмотреть технологический простой бульдозера ($T^{б}_{т.п.}$), то есть

$$(t^{б}_{н_2})_{расч.} = t^{б}_{н_2} + T^{б}_{т.п.} .$$

При построении графика работы бульдозера на разработке последующих слоев мерзлого грунта также предусматривают (если это необходимо) технологические простои бульдозера.

По построенным графикам определяют промежуток времени между окончанием работы рыхлителя и бульдозера ($t_р$). Если величина $t_р$ удовлетворяет условию

$$t_р \leqslant T_{см} , \qquad (3)$$

то по графикам определяют календарный план работы рыхлителя и бульдозера.

Невыполнение условия (3) означает, что для эффективной работы рыхлителя и бульдозера необходимо разделить площадку разрабатывае-

мого мерзлого грунта на захватки (рис. 2б). В этом случае для определения календарного плана работы рыхлителя и бульдозера на ранее построенных графиках (рис. 3а) устанавливают зону эффективной работы рыхлителя, ограничивая ее с одной стороны линией А, характеризующей работу рыхлителя без повторного рыхления мерзлого грунта, проведенной параллельно графику работы бульдозера на расстоянии $T_{см}$. С другой стороны - линией В, характеризующей безопасную работу рыхлителя относительно бульдозера и проведенной параллельно графику работы бульдозера, но на расстоянии, равном

$$t_{т.б.i} = \frac{V_{заг\,т.б.i}}{П_б} \quad . \qquad (4)$$

Переносом точек пересечения графика работы рыхлителя с линией А на ось ординат определяют объем грунта на захватках ($V_{зах_i}$), а на ось абсцисс - время начала технологического простоя рыхлителя. Переносом точек пересечения линии технологического простоя рыхлителя с линией В на ось абсцисс определяют продолжительность технологических простоев рыхлителя ($T^{рых}_{т.п.i}$) на разработке слоев мерзлого грунта и время начала его работы на следующих захватках.

Возможно использование рыхлителя во время его технологического простоя на совместной с бульдозером сдвижке разрыхленного грунта в отвал. Для этого на захватках определяют время совместной работы машин, ч, на сдвижке разрыхленного грунта в отвал по формуле

$$T^{б}_{сов_f} = \frac{V_{см} - V_{заг\,т.б.i}}{П_б + П'_б} \quad , \qquad (5)$$

где f - порядковый номер захватки;

$П'_б$ - производительность рыхлителя на сдвижке разрыхленного грунта в отвал бульдозерным оборудованием (по нормативным данным), м³/ч.

Из точки начала технологического простоя рыхлителя a (см. рис. 3а) проводят вертикальную прямую до пересечения с графиком работы бульдозера и из полученной точки $б$ строят график совместной работы машин на сдвижке разрыхленного грунта в отвал в виде прямой с углом наклона η ($tg\eta = П_б + П'_б$), ограничивая его (график) временем $T^{б}_{сов_1}$ (точка $в$). Затем из точки $в$ проводят вертикальную прямую до пересечения с линией технологического простоя рыхлителя и из полученной точки $г$ проводят график работы рыхлителя в виде прямой с углом наклона α_i ($tg\alpha_i = П_{рых_i}$) до пересечения с линией А.

Последовательное построение графиков совместной работы рыхлителя и бульдозера на сдвижке грунта на других захватках аналогично.

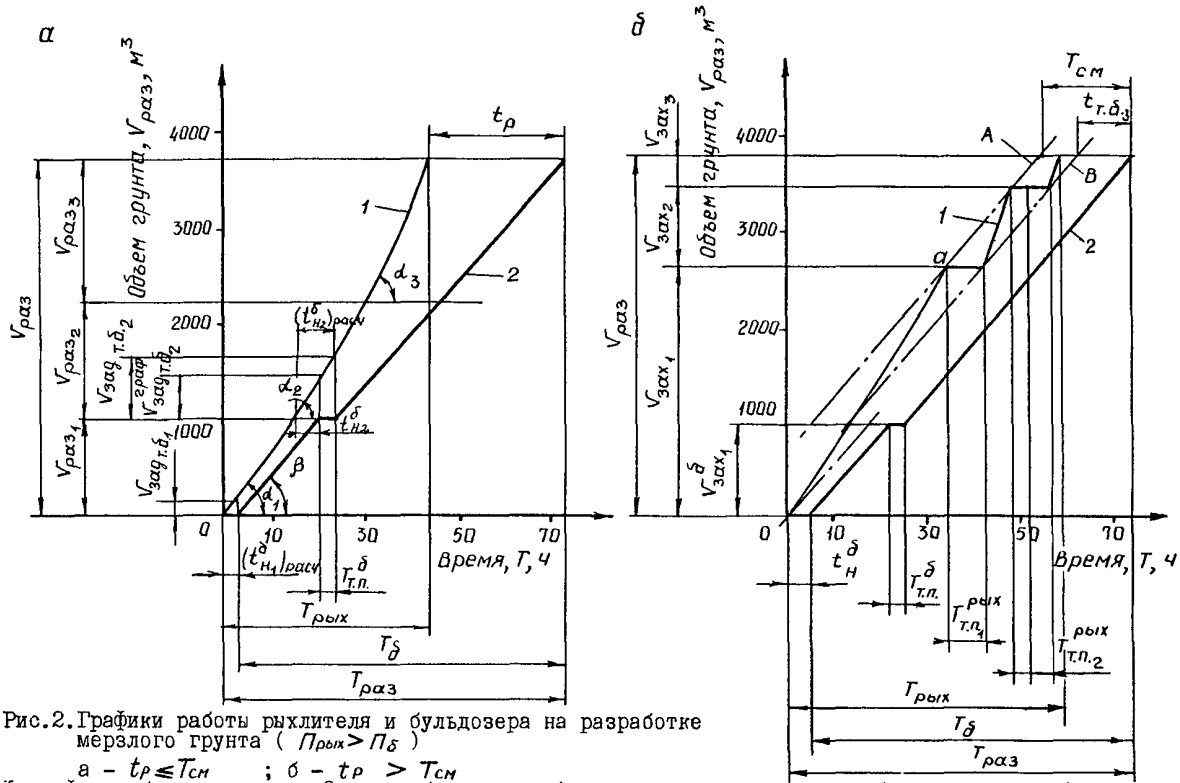


Рис.2. Графики работы рыхлителя и бульдозера на разработке мерзлого грунта ($П_{рых} > П_б$)

а – $t_р \leq T_{см}$; б – $t_р > T_{см}$

1–график работы рыхлителя; 2–то же, бульдозера; А–линия, характеризующая работу рыхлителя без повторного рыхления мерзлого грунта; В–линия, характеризующая безопасную работу рыхлителя относительно бульдозера

С целью сокращения времени разработки мерзлого грунта уточняют график работы бульдозера на последней захватке. Для этого определяют время совместной работы машин на сдвижке грунта на последней захватке по формуле

$$T^{б}_{сов(к)} = \frac{V_{ост} - V_{зад\ т.б.п}}{П_б + П'_б}, \qquad (6)$$

где $V_{ост}$ – объем разрыхленного грунта на момент окончания работы рыхлителя (определяют графически).

График совместной работы машин на сдвижке грунта в отвал на последней захватке строят так же, как и графики работы машин на сдвижке грунта на предыдущих захватках.

По построенным графикам определяют календарный план работы машин (рис. 3,б).

В случае, когда производительность рыхлителя меньше производительности бульдозера (рис. 4,а), величину задела ($V_{зад_1}$) определяют из условия обеспечения беспрерывной работы бульдозера:

$$V_{зад_1} = V_{зад\ т.б.1} + V_п, \qquad (7)$$

где $V_п$ – часть задела, покрывающая разницу производительностей рыхлителя и бульдозера.

При $V_{зад_1} \leq V_{см}$ строят графики работы рыхлителя и бульдозера по вышеописанной последовательности и определяют календарный план работы машин.

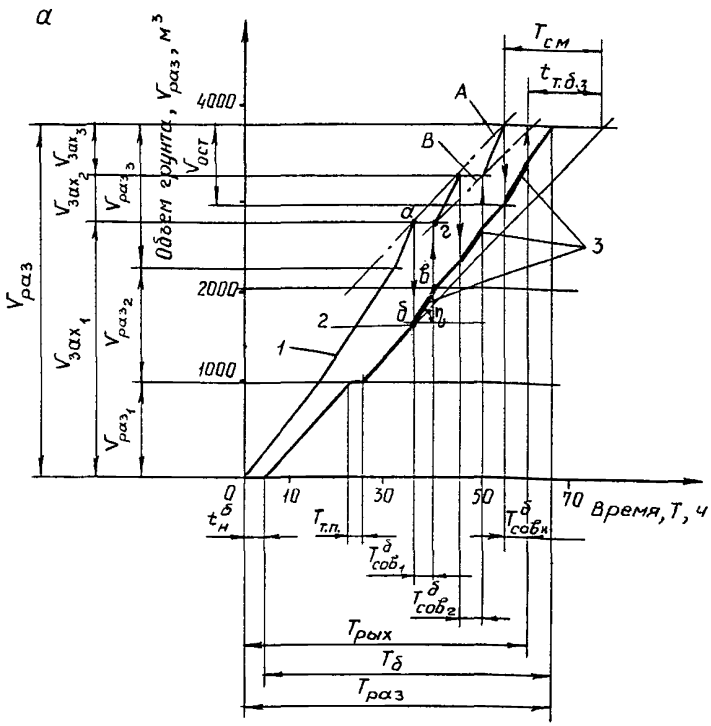
При $V_{зад_1} > V_{см}$ возможны два основных случая.

Если $V_{зад\ т.б.1} \geqslant V_{см}$, необходимо применить более производительный бульдозер.

В случае $V_{зад\ т.б.1} < V_{см}$ необходимо для эффективной работы рыхлителя и бульдозера разделить площадку разрабатываемого мерзлого грунта на захватки. При этом календарный план работы рыхлителя и бульдозера определяют графически. На построенных графиках работы рыхлителя и бульдозера устанавливают зону эффективной работы бульдозера (рис. 4,б), ограничивая ее с одной стороны линией А, характеризующей безопасную работу бульдозера относительно рыхлителя и проводимую параллельно графику работы рыхлителя на расстоянии

$$t_{т.б_i} = \frac{V_{зад\ т.б_i}}{П_б}. \qquad (8)$$

С другой стороны – линией В, характеризующей работу бульдозера без повторного смерзания разрыхленного грунта и проводимой также парал-



Операция	Количество дней									
	I		2		3		4		5	
	Смены									
	I	2	I	2	I	2	I	2	I	2
Рыхление мерзлого грунта										
Сдвижка разрыхленного грунта в отвал										

Рис. 3. Рациональные графики и календарный план работы рыхлителя и бульдозера на разработке мерзлого грунта ($П_{рых} > П_б$)
а – рациональные графики; б – календарный план
I – график работы рыхлителя; 2 – то же, бульдозера;
3 – графики совместной работы рыхлителя и бульдозера на сдвижке грунта

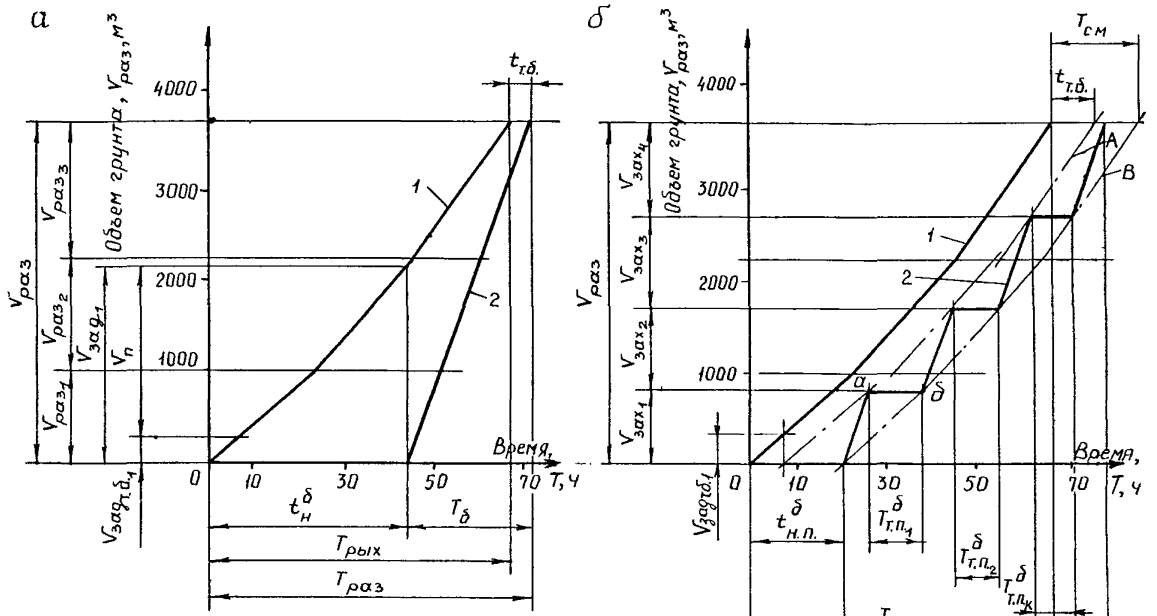


Рис. 4. Графики работы рыхлителя и бульдозера на разработке мерзлого грунта ($П_{рых} < П_б$)

а – графики работы машин при $V_{заg_1} \leq V_{см}$; б – то же, при $V_{заg} > V_{см}$

1–график работы рыхлителя; 2–график работы бульдозера;
А – линия, характеризующая безопасную работу бульдозера относительно рыхлителя; В – линия, характеризующая работу бульдозера без повторного смерзания разрыхленного грунта

лельно графику работы рыхлителя, но на расстоянии $T_{см}$. Переносом точек пересечения графика работы бульдозера с линией А на ось ординат определяют объем грунта на захватках, а на ось абсцисс - время начала технологического простоя бульдозера. Переносом на ось абсцисс точки пересечения линии технологического простоя бульдозера (прямая, параллельная оси абсцисс) с линией В определяют продолжительность технологического простоя бульдозера ($ab = T^{б}_{т.п.}$) и время начала его работы на следующей захватке.

Возможно использование бульдозера во время его технологического простоя на рыхлении (при наличии у бульдозера рыхлительного оборудования) вместе с рыхлителем (рис. 5а). Время совместной работы машин на рыхлении грунта, ч, определяют по формуле

$$T^{рых}_{совб} = \frac{V_{см} - V_{заг\,т.б.i}}{П_{рых} + П'_{рых}}, \qquad (9)$$

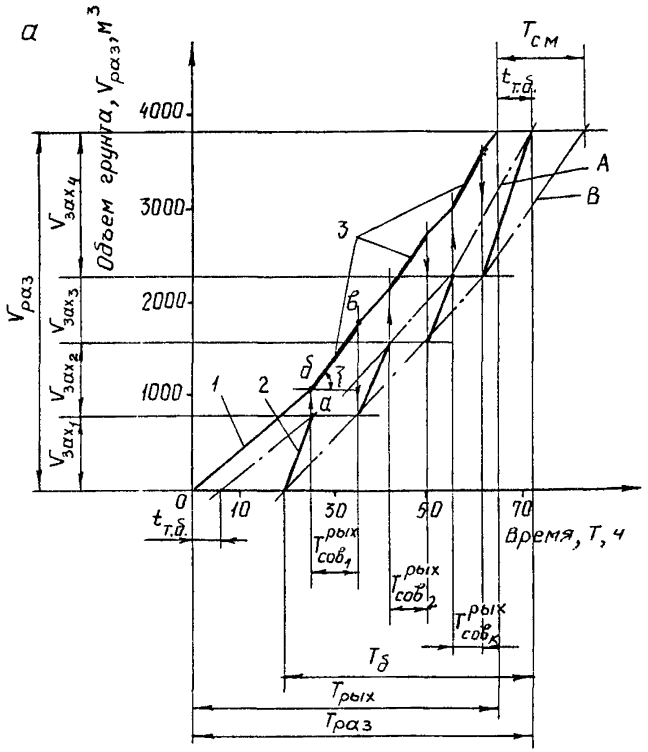
где $П'_{рых}$ – производительность бульдозера на рыхлении мерзлого грунта рыхлительным оборудованием (по нормативным данным), м³/ч.

Из точки a проводят вертикальную прямую до пересечения с графиком работы рыхлителя и из полученной точки $б$ строят график совместной работы машин на рыхлении грунта в виде прямой с углом наклона ζ ($tg\,\zeta = П_{рых} + П_{б}$) до точки $в$ ($бв = T^{рых}_{сов\,1}$).

Аналогично строят графики совместной работы рыхлителя и бульдозера на рыхлении грунта на других захватках. По построенным графикам определяют календарный план работы рыхлителя и бульдозера на разработке мерзлого грунта (рис. 5б).

Графоаналитическим методом может быть определен также рациональный состав технологического комплекса землеройных машин и календарный план их работы. В этом случае после построения графиков работы рыхлителя и бульдозера на разработке мерзлого грунта переходят к построению графиков работы других машин, входящих в комплекс. Последовательность построения показана на примере разработки котлована в мерзлом грунте. В технологический комплекс машин входит рыхлитель, бульдозер, одноковшовый экскаватор № I для погрузки разрыхленного грунта в автотранспорт и одноковшовый экскаватор № 2 для разработки немерзлого грунта до проектной отметки. Графики работы экскаваторов № I и № 2 строят в последовательности, зависящей от принятой схемы разработки мерзлого грунта.

При параллельной схеме разработки определяют толщину слоя сдвигаемого бульдозером грунта в отвал, м, по формуле



б

Операция	Количество дней									
	I		2		3		4		5	
	Смены									
	I	2	I	2	I	2	I	2	I	2
Рыхление мерзлого грунта										
Сдвижка разрыхленного грунта в отвал										

Рис. 5. Рациональные графики и календарный план работы рыхлителя и бульдозера на разработке мерзлого грунта ($П_{рых} < П_б$)

а – рациональные графики; б – календарный план

I-график работы рыхлителя; 2-график работы бульдозера; 3-график совместной работы рыхлителя и бульдозера на рыхлении мерзлого грунта

А – линия безопасной работы бульдозера относительно рыхлителя;

В – линия, характеризующая работу бульдозера без повторного смерзания разрыхленного грунта

$$H_{отв_i} = \frac{V_{раз\,м.г.\,i}}{B_{отв} \cdot \ell_{отв}}, \qquad (10)$$

где $V_{раз\,м.г.\,i}$ – объем сдвигаемого бульдозером грунта в отвал при разработке i-го слоя мерзлого грунта, м^3;

$B_{отв}, \ell_{отв}$ – соответственно ширина и длина отвала (принимают с учетом конкретных условий производства работ), м.

Затем устанавливают марку одноковшового экскаватора № I по величине его оптимальной производительности, которую определяют в последовательности, зависящей от вида графика работы бульдозера.

Если график работы бульдозера имеет вид прямой (мерзлый грунт разрабатывают одной захваткой), то принимают оптимальную производительность одноковшового экскаватора № I по производительности бульдозера ($П^{э(м1)}_{опт} = П_б$).

Если график работы бульдозера имеет вид ломаной линии (мерзлый грунт разрабатывают захватками), то через две крайние точки графика бульдозера проводят прямую С (рис. 6) и по тангенсу угла ее наклона β определяют значение оптимальной производительности одноковшового экскаватора № I ($tg\beta = П^{э(м1)}_{опт}$). По величине $П^{э(м1)}_{опт}$ устанавливают марку одноковшового экскаватора № I (из наличного парка машин в организации) и его фактическую производительность $П^{э(м1)}_{факт}$.

Построение графика работы одноковшового экскаватора № I зависит от вида неравенства его производительности ($П^{э(м1)}_{факт}$) относительно производительности бульдозера ($П_б$).

При $П^{э(м1)}_{факт} \leq П_б$ определяют величину задела $V^{э(м1)}_{зад\,т.б.}$, выполняемого бульдозером для одноковшового экскаватора № I, в зависимости от схемы производства работ. Для схемы (рис. 7), имеющей практическое значение, величина задела, м^3, равна

$$V^{э(м1)}_{зад\,т.б.} = \left[R_{к.с.} + A_{б.р.}\right] B_{отв} H_{отв}, \qquad (11)$$

где $R_{к.с.}$ – максимальный радиус копания одноковшового экскаватора № I, м;

$A_{б.р.}$ – безопасное расстояние между бульдозером и экскаватором (принимают по СНиП Ш-4-80), м;

$B_{отв}, H_{отв}$ – соответственно ширина и высота отвала грунта, м.

При $V_{зад\,т.б.} > V_{см}$ принимают другую схему работы одноковшового экскаватора № I или более производительный экскаватор.

Если $V_{зад\,т.б.}^{э(№1)} \leq V_{см}$, то переходят к построению графика работы одноковшового экскаватора № I. Для этого на построенных графиках работы рыхлителя и бульдозера от начала координат откладывают $V_{зад\,т.б.}^{э(№1)}$ и через полученную точку проводят прямую, параллельную оси абсцисс, до пересечения с графиком работы бульдозера. Точка пересечения укажет на оси абсцисс время начала работы одноковшового экскаватора № I. Затем строят график его работы в виде прямой с углом наклона γ ($tg\gamma = П_{факт}^{э(№1)}$). По полученным графикам определяют время между окончанием работы бульдозера и одноковшового экскаватора № I ($t_р^{э(№1)}$). Если $t_р^{э(№1)}$ удовлетворяет условию $t_р^{э(№1)} \leq T_{см}$, то по графикам определяют календарный план работы одноковшового экскаватора № I и переходят к построению графика работы экскаватора № 2. Если $t_р^{э(№1)} > T_{см}$, то необходимо применить более производительный одноковшовый экскаватор № I.

При $П_{факт}^{э(№1)} > П_б$ величину задела, м^3, определяют по формуле

$$V_{зад}^{э(№1)} = V_{зад\,т.б.}^{э(№1)} + V_п \quad , \qquad (I2)$$

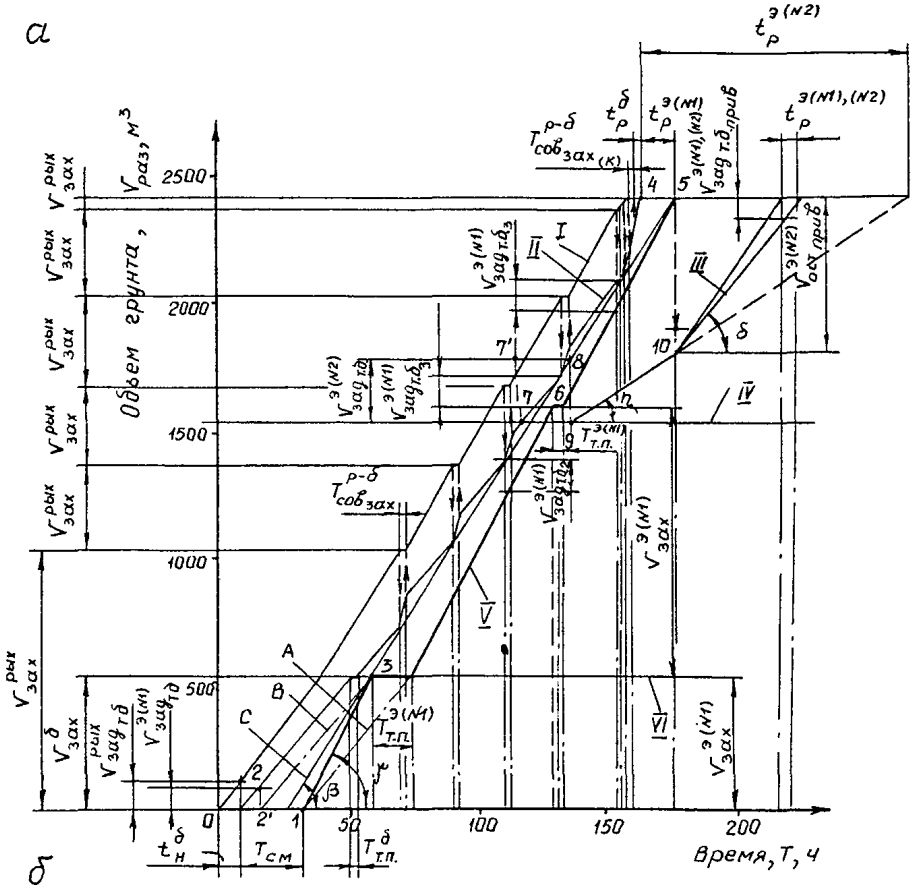
где $V_п$ – часть задела, покрывающая разность производительностей бульдозера и экскаватора

$$V_п = V_{раз_{м.г.}} \frac{П_{факт}^{э(№1)} - П_б}{П_{факт}^{э(№1)}} \quad . \qquad (I3)$$

Если $V_{зад}^{э(№1)} < V_{см}$, то переходят к построению графика работы одноковшового экскаватора № I (см. рис. 6а). Для этого по оси абсцисс от точки начала работы бульдозера откладывают время $T_{см}$ (точка I) и проводят прямую, параллельную графику работы бульдозера. Эта прямая А определяет границу работы одноковшового экскаватора № I без повторного смерзания разрыхленного грунта. Затем на оси ординат откладывают величину $V_{зад\,т.б.}^{э(№1)}$ и через полученную точку проводят прямую, параллельную оси абсцисс, до пересечения с графиком работы бульдозера (точка 2). Через точку 2 проводят прямую В, параллельную графику работы бульдозера и определяющую границу безопасной совместной работы бульдозера и одноковшового экскаватора № I.

Таким образом, двумя прямыми А и В определяется область эффективной работы одноковшового экскаватора № I.

Затем из точки I строят график работы экскаватора № I в виде



Операция	Рабочие дни, смены															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2
Послойное рыхление мерзлого грунта																
Перемещение разрыхленного грунта																
Погрузка грунта в автотранспорт																
Разработка немерзлого грунта с погрузкой																

Рис. 6. Рациональные графики и календарный план работы землеройных машин в технологическом комплексе на разработке котлована

а – рациональные графики; б – календарный план

I – график работы рыхлителя;

II – график работы бульдозера;

III – график работы одноковшового экскаватора № 2 на разработке немерзлого грунта;

IУ – граница II-го разрабатываемого слоя мерзлого грунта;

У – график работы одноковшового экскаватора № I на погрузке разрыхленного грунта;

УI – граница I-го разрабатываемого слоя мерзлого грунта

$V_{заg\,т.б.}^{рых}$ – объем грунта, необходимый для безопасной работы бульдозера;

$V_{заg\,т.б.i}^{э(№1)}$ – объем грунта, необходимый для безопасной работы одноковшового экскаватора № I на i-ом слое;

$V_{зах}^{б}$ – объем грунта, разрабатываемый бульдозером на захватке;

$V_{зах}^{рых}$ – то же, разрабатываемый рыхлителем;

$V_{зах}^{э(№1)}$ – объем грунта, необходимый для работы одноковшового экскаватора № I на погрузке;

$t_{н}^{б}$ – время начала работы бульдозера относительно рыхлителя;

$T_{см}$ – время повторного смерзания разрыхленного мерзлого грунта;

$V_{заg}^{э(№2)}$ – объем грунта, необходимый для безопасной работы одноковшового экскаватора № 2;

$T_{т.п.}^{б}$ – продолжительность технологического простоя бульдозера;

$T_{совзах\,i}^{р\text{-}б}$ – время совместной работы рыхлителя и бульдозера на сдвижке разрыхленного грунта на i-той захватке;

$t_{р}^{б}$ – промежуток времени между окончанием работы рыхлителя и бульдозера;

$t_{р}^{э(№2)}$ – то же между окончанием работы одноковшового экскаватора № I и № 2;

$V_{заg\,т.б.прив}^{э(№1),(№2)}$ – объем грунта в безопасном расстоянии между работающими одноковшовыми экскаваторами № I и № 2;

$V_{ост\,прив}^{э(№2)}$ – объем немерзлого грунта в котловане, неразработанного одноковшовым экскаватором № 2 на момент окончания работы одноковшового экскаватора № I на погрузке грунта

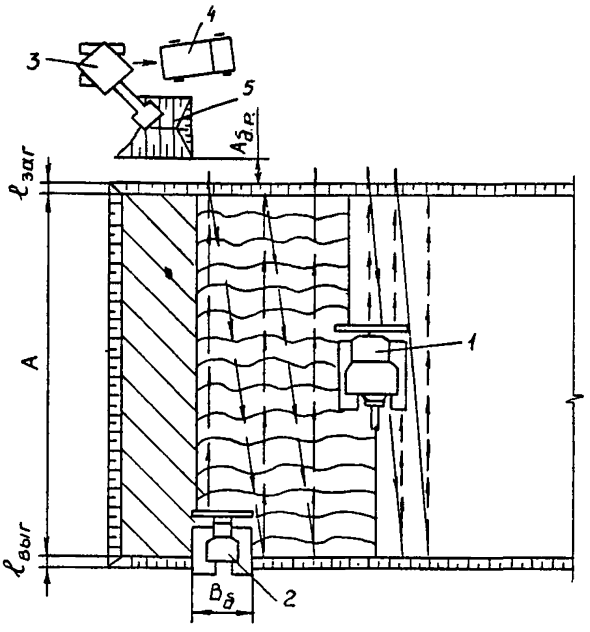


Рис. 7. Схема работы рыхлителя, бульдозера и одноковшового экскаватора

I – рыхлитель; 2 – бульдозер; 3 – одноковшовый экскаватор; 4 – самосвал; 5 – отвал грунта;

A – ширина котлована; $A_{б.р.}$ – безопасное расстояние между работающими машинами; $\ell_{заг}$ – длина пути заглубления стойки рыхлителя; $\ell_{выг}$ – длина пути выглубления стойки рыхлителя; $B_б$ – длина отвала бульдозера;

– направление движения рыхлителя, бульдозера и одноковшового экскаватора;

– немерзлый грунт;

– мерзлый грунт;

– разрыхленный мерзлый грунт

прямой с углом наклона γ ($tg\gamma = П^{э(№1)}_{факт}$) до пересечения с прямой В (точка 3). На оси ординат точка 3 укажет величину захватки ($V^{э(№1)}_{зах}$), а на оси абсцисс - время начала технологического простоя экскаватора № I. Продолжив линию технологического простоя до пересечения с прямой А, определяют величину простоя $T^{э(№1)}_{т.п.}$.

Дальнейшее построение графика работы одноковшового экскаватора № I на захватках может повторяться. На последней неполной захватке время $T^{э(№1)}_{т.п.}$ может быть частично сокращено за счет промежутка времени $t^{э(№1)}_{р}$, который определяют по формуле

$$t^{э(№1)}_{р} = \frac{V^{э(№1)}_{зад\ т.б.}}{П_{б}} \quad . \qquad (I4)$$

С этой целью от точки окончания работы бульдозера (точка 4) откладывают величину $t^{э(№1)}_{р}$ и из полученной точки 5 проводят прямую, параллельную графику работы одноковшового экскаватора № I на предыдущей захватке, до пересечения с линией его последнего технологического простоя (точка 6). По построенному графику определяют календарный план работы одноковшового экскаватора № I.

Затем переходят к определению оптимальной производительности, $м^3/ч$, одноковшового экскаватора № 2

$$П^{э(№2)}_{опт} = \frac{V_{раз\ н.г.}}{\frac{V_{раз\ м.г.п.}}{П_{б}} + t^{доп}_{р}} \quad , \qquad (I5)$$

где $V_{раз\ н.г.}$ - объем немерзлого грунта, разрабатываемого одноковшовым экскаватором № 2, $м^3$;

$V_{раз\ м.г.п.}$ - объем разрабатываемого мерзлого грунта на последнем слое, $м^3$;

$t^{доп}_{р}$ - время промерзания вскрытого немерзлого грунта на допустимую глубину, равную 0,2...0,4 м (определяется по рис. 8), ч.

По $П^{э(№2)}_{опт}$ определяют марку одноковшового экскаватора № 2, количество и фактическую производительность ($П^{э(№2)}_{факт}$). Здесь следует иметь в виду, что для сокращения времени разработки земляного сооружения предпочтительнее принимать одноковшовый экскаватор № 2 с большей производительностью, чем $П^{э(№2)}_{опт}$.

Величину задела ($V^{э(№2)}_{зад\ т.б.}$), выполняемого бульдозером для безопасной совместной работы с одноковшовым экскаватором № 2 для схемы

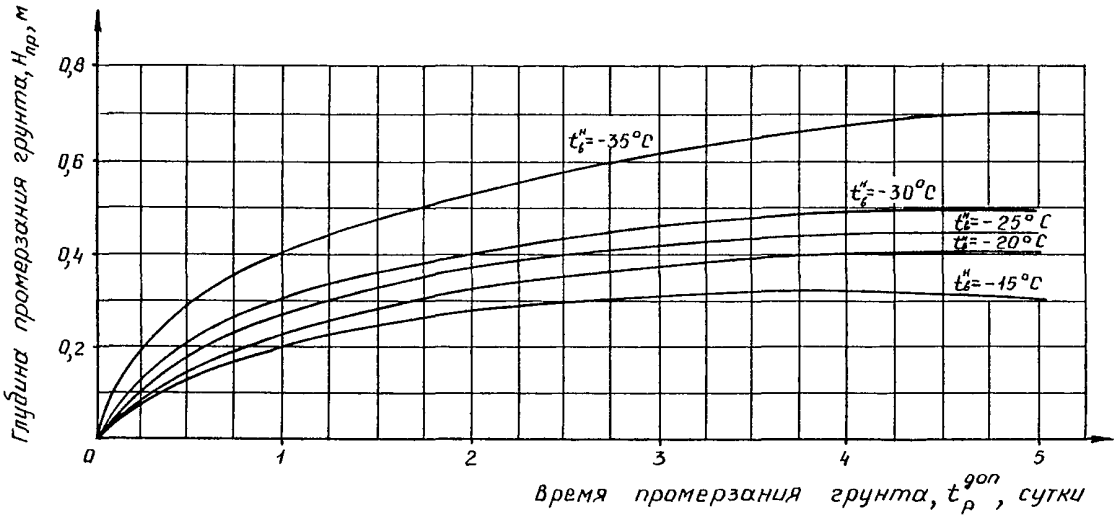


Рис. 8. Графики для определения времени промерзания грунта на допустимую для экскаваторной разработки глубину в зависимости от температуры воздуха ($t_в^н$)

(рис. 9), имеющей практическое значение, определяют по формуле

$$V_{зад\ т.б.}^{э(N2)} = \left[0{,}5\,(b_ш + R_{к.с.}) + b_ш\,(N^{э(N2)} - 1) + 0{,}5\,R_{к.с.} + A_{б.р.} + 0{,}5 B\delta\right] l_{отв}\, H_{слоя\ п}\ , \quad (16)$$

где $b_ш$ – ширина выемки от одноковшового экскаватора № 2, м;

$R_{к.с.}$ – наибольший радиус копания одноковшового экскаватора № 2 на уровне стоянки, м;

$N^{э(N2)}$ – количество одноковшовых экскаваторов № 2;

$l_{отв}$ – длина захватки, м;

$H_{слоя\ п}$ – толщина последнего разрабатываемого слоя, м.

Величину $b_ш$ определяют графически. Для этого от точки I, обозначающей край котлована, откладывают величину, равную $I{,}2R_{к.с.}$ (рис. 10) и проводят ось симметрии, являющейся фактически направлением движения одноковшового экскаватора № 2. Затем из точек I и 2 строят сечение выемки с откосами. Далее от точки пересечения линии откоса с основанием выемки (точка 3) откладывают расстояние $I{,}2R_{к.с.}$ (точка 4) и проводят ось симметрии. Измерением расстояния между осями симметрии (линиями направления движения одноковшовых экскаваторов № 2) определяют величину $b_ш$.

Построение графика работы одноковшового экскаватора № 2 начинают с определения времени начала его работы. Для этого на графиках работы машин (см. рис. 6а) от начала работы бульдозера на разработке последнего слоя мерзлого грунта (точка 7), в направлении оси ординат откладывают величину задела $V_{зад\ т.б.}^{э(N2)}$ и через полученную точку 7' проводят прямую, параллельную оси абсцисс, до пересечения с графиком работы бульдозера (точка 8). На оси абсцисс точка 8 укажет время начала работы одноковшового экскаватора № 2. Из точки 9 строят график работы экскаватора № 2 в виде прямой с углом наклона ς

$$tg\,\varsigma = П_{прив}^{э(N2)}\ ,$$

где $П_{прив}^{э(N2)}$ – производительность одноковшового экскаватора № 2, приведенная к загрузке ведущей машины (бульдозера), $м^3/ч$

$$П_{прив}^{э(N2)} = П_{факт}^{э(N2)} \frac{H_{слоя\ п.}}{H_{н.г.}}\ . \quad (17)$$

По построенным графикам работы бульдозера и одноковшового экскаватора № 2 определяют промежуток времени между окончанием их работы ($t_р^{э(N2)}$). Если величина $t_р^{э(N2)}$ не удовлетворяет условию по совместной безопасной работе машин, то есть $t_р^{э(N2)} < \frac{V_{зад\ т.б.\ п}^{э(N2)}}{П_б}$, то не-

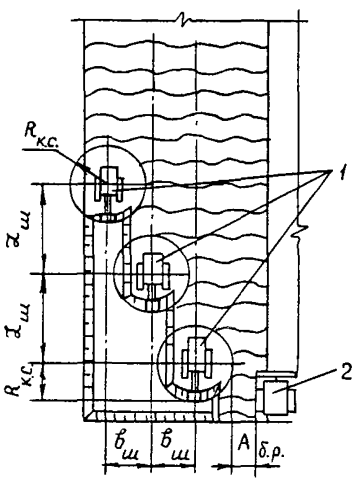


Рис. 9. Схема разработки немерзлого грунта одноковшовыми экскаваторами

I - одноковшовый экскаватор; 2 - бульдозер с рыхлителем

$R_{к.с.}$ - наибольший радиус копания на уровне стоянки;

$\mathcal{B}_ш$ - ширина выемки (осевое расстояние между работающими одноковшовыми экскаваторами);

$\mathcal{L}_ш$ - расстояние (шаг) между работающими одноковшовыми экскаваторами;

$A_{б.р.}$ - безопасное расстояние между машинами

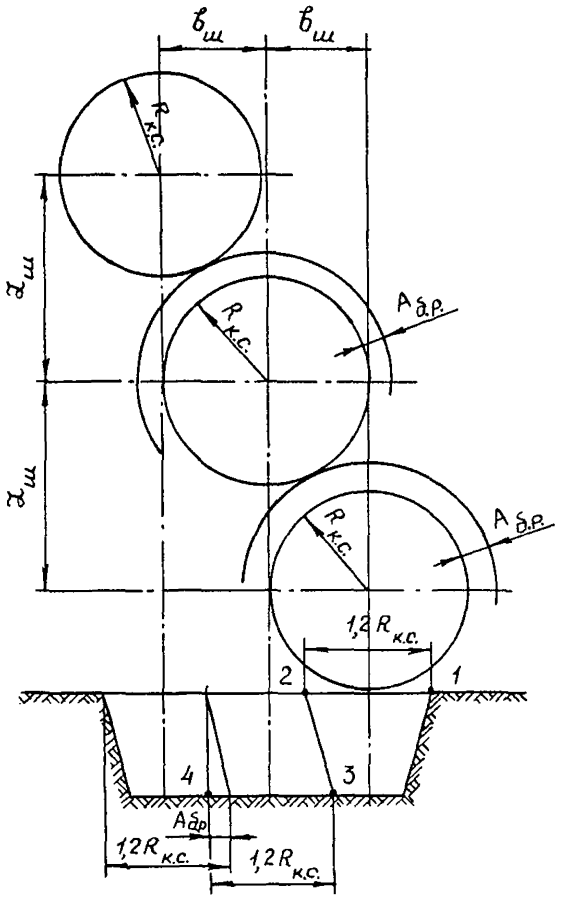


Рис. 10. Графический метод определения технологических параметров работы одноковшовых экскаваторов

обходимо применить менее производительный одноковшовый экскаватор № 2. При выполнении условия по безопасности и при $t_p^{э(№2)} \leq t_p^{доп}$ определяют календарный план работы одноковшового экскаватора № 2.

Возможно подключить одноковшовый экскаватор № I после окончания его работы на погрузке грунта к разработке немерзлого грунта совместно с экскаватором № 2 в течение времени, определяемом по формуле

$$T_{сов}^{э(№1),(№2)} = \frac{V_{ост\,прив}^{э(№2)} - V_{заг\,т.б.\,прив}^{э(№1),(№2)}}{П_{прив}^{э(№1)} + П_{прив}^{э(№2)}}, \qquad (I8)$$

где $V_{ост\,прив}^{э(№2)}$ – объем немерзлого грунта, подлежащего разработке одноковшовым экскаватором № 2 на момент окончания работы экскаватора № I (определяют графически);

$V_{заг\,т.б.\,прив}^{э(№1),(№2)}$ – объем грунта в безопасном расстоянии между работающими экскаваторами № I и № 2, приведенный к загрузке бульдозера;

$$V_{заг\,т.б.\,прив}^{э(№1),(№2)} = l_ш\, b_ш\, \frac{H_{слоя\,п}}{H_{н.г.}}; \qquad (I9)$$

$П_{прив}^{э(№1)}$ – производительность одноковшового экскаватора № I на разработке немерзлого грунта, приведенная к загрузке бульдозера

$$П_{прив}^{э(№1)} = П_{факт}^{э(№1)} \frac{H_{слоя\,п}}{H_{н.г.}}. \qquad (20)$$

График совместной работы экскаваторов № I и № 2 строят от точки I0 в виде прямой с углом наклона δ ($tg\,\delta = П_{прив}^{э(№1)} + П_{прив}^{э(№2)}$). При этом надо иметь в виду, что экскаватор № I закончит работу раньше экскаватора № 2 на промежуток времени, равный

$$t_p^{э(№1),(№2)} = \frac{V_{заг\,т.б.\,прив}^{э(№1),(№2)}}{П_{прив}^{э(№2)}}. \qquad (2I)$$

Затем переходят к определению календарного плана работы одноковшового экскаватора № 2 (см. рис. 6,б).

При последовательной схеме разработки мерзлого грунта на основании расчетных данных строят график работы бульдозера с рыхлителем на рыхлении и сдвижке грунта, а также графики работы одноковшовых экскаваторов № I и № 2. Все построения аналогичны построению графиков работы этих машин при параллельной схеме разработки мерзлого грунта. По построенным графикам определяют календарный план работы машин на разработке котлована.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ВЫЕМОК В МЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

Рациональную технологическую схему разработки выемок в мерзлых грунтах с применением бульдозеров с рыхлителями определяют из возможных вариантов технологического решения в результате сравнения удельной себестоимости, приведенных затрат и времени разработки грунта. Из выше рассмотренных вариантов технологического решения разработки мерзлого грунта наиболее часто применяемыми являются: последовательная и параллельная схемы. Рациональный состав комплекса машин внутри технологического решения, технологические параметры разработки выемок и календарный план работы машин определяют разработанным графоаналитическим методом.

Для расчета себестоимости и приведенных затрат на разработку грунта необходимо определить стоимость машино-часа (C_i) эксплуатации каждой машины, входящей в комплекс, и количество часов (T_2) их работы в году (для условий г. Петрозаводска C_i и T_2 приведены в табл. 3 и 4).

Удельная себестоимость разработки грунтов, руб./м^3, определяется по формуле

$$C_y = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_i}{П_{раз}}, \qquad (22)$$

где $П_{раз}$ – производительность машин на разработке выемки, м^3/ч,

$$П_{раз} = \frac{V_{раз}}{T_{раз}} . \qquad (23)$$

Удельные приведенные затраты, руб./м^3, определяются по формуле

$$Z_y = C_y + 0{,}15 \sum_{i=1}^{n} \frac{Ц_{мi} N_м}{T_{ri} П_{разi}}, \qquad (24)$$

где $Ц_{мi}$ – стоимость i-ой машины, руб.;

$N_м$ – количество машин данной марки;

T_{ri} – количество часов работы i-ой машины в году (табл. 3 и 4), ч.

$П_{разi}$ – производительность i-ой машины на разработке выемки м^3/ч,

$$П_{разi} = \frac{V_{раз\,м.г.} + V_{раз\,н.г.}}{T_{раз}} \qquad (25$$

Таблица 3

Себестоимость, руб., машино-часа эксплуатации бульдозеров с рыхлителями (C_i) и количество часов их работы в году, маш.-ч/год, (T_i)

Марка бульдозера с рыхлителем	Базовый трактор	Среднее время пребывания машины на объекте, ч/год					
		25	50	100	200	400	800
ДЗ-17	Т-100	4,49	4,06	3,85	3,75	3,69	3,67
		1919,4	2087,7	2183,5	2234,7	2261,3	2275
ДЗ-116А	Т-130	7,05	6,41	6,08	5,92	5,84	5,80
		1919,4	2087,7	2183,5	2234,7	2261,3	2275
ДЗ-35 (ДП-22)	Т-180	8,95	8,13	7,72	7,50	7,41	7,37
		1888,9	2051,7	2144	2193,5	2291	2224
ДЗ-126А	ДЭТ-250М	16,00	14,10	13,10	12,60	12,40	12,35
		1888,9	2245,3	2479,3	2615,4	2689,3	2726,2
ДЗ-94С	Т-330	33,72	29,03	26,70	25,54	24,95	24,74
		1888,9	2245,3	2479,2	2615,4	2689,3	2726,2

Примечания. 1. C_i - числитель; T_i - знаменатель.

2. Среднее время перебазирования бульдозеров с рыхлителями принято 0,5 дн.

Таблица 4

Себестоимость, руб., машино-часа эксплуатации одноковшовых экскаваторов (C_i) и количество часов их работы в году, маш.-ч/год, ($T_г$)

Марка одноковшового экскаватора	Вместимость ковша, $м^3$	Среднее время пребывания машины на объекте, ч/год					
		25	50	I00	I50	200	300
Э-652	0,65	7,20 2038	6,60 222I	5,60 2326	5,25 2364	5,00 2382	5,40 2400
Э-I00IIД	I,0	-	II,50 2I82	8,50 2283	-	7,80 2337	7,70 2355
Э-I252	I,25	-	I0,24 2277	9,I0 2387	8,40 2427	8,30 2446	8,20 2466
Э-4I2I	I,0	9,50 2074	8,30 2264	6,80 2373	6,40 24I2	6,30 243I	-
ЭО-3322	0,5	7,60 2085	6,I0 2277	5,00 2387	4,70 2427	4,50 2446	4,40 2466

Примечания. I. C_i - числитель; $T_г$ - знаменатель.

2. Среднее время перебазирования одноковшовых экскаваторов принято 0,5 дн.

I. ПРИМЕР РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОЙ ГЛУБИНЫ РЫХЛЕНИЯ ПО ДАННЫМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ (ОПЫТНЫХ) РАБОТ

Оптимальную глубину рыхления (H_p) определяют в зависимости от глубины сезонного промерзания грунта и его прочности. При небольшой глубине промерзания (0,5...0,6 м) величину H_p принимают равной глубине промерзания грунта (при достаточном тяговом усилии трактора). При бо́льшей глубине промерзания H_p определяется расчетом на основании экспериментальных работ, проводимых в следующей последовательности.

На подготовленной площадке производят серию опытов (5...6) с разной глубиной рыхления и при максимально возможной мощности трактора.

Первый опыт проводится с минимальным вылетом стойки зуба (I5...20 см) в результате двух параллельных проходов рыхлителя (длина полосы мерзлого грунта I0...I5 м). Во время второго прохода рыхлителя машинистом устанавливается такое расстояние между резами ℓ (рис. I), чтобы наблюдался скол неразрушенного грунта, а оставшиеся "гребешки" между резами были высотой I0...I5 см, что способствует наиболее благоприятным условиям дальнейшей работы бульдозера. Проведение последующих опытов аналогично первому, но с увеличением глубины рыхления на I0...20 см в каждом опыте в зависимости от тягового класса рыхлителя и прочности грунта. Последний опыт проводится при максимально возможном для данных грунтовых условий заглублении стойки рыхлителя.

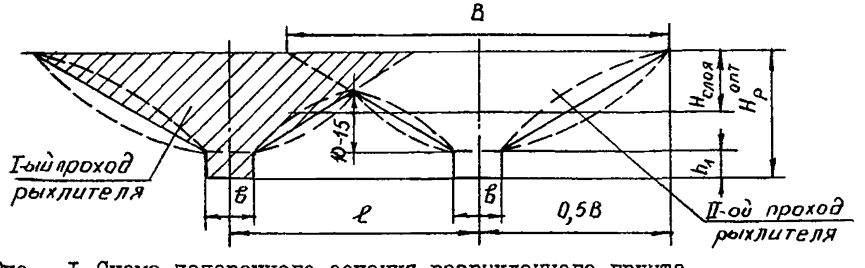


Рис. I. Схема поперечного сечения разрыхленного грунта
B – ширина полосы рыхления от прохода рыхлителя; $H_p^{опт}$ – оптимальная глубина рыхления; $H_{слоя}$ – толщина разрыхленного слоя мерзлого грунта; h_1 – высота области смятия; $в$ – ширина зуба; ℓ – расстояние между параллельными проходами рыхлителя

Средние опытным данные, полученные при рыхлении мерзлого грунта бульдозером с рыхлителем ДЗ-94С, сводят в таблицу.

Грунтовые условия			Размеры поперечного сечения борозды, м			Регистрируемые параметры	
Тип грунта	Температура, °С	Прочность, число ударов ударника Дорнии	B	H_p	h_1	Путь S, м	Время t, с
Суглинок	-2	I30	I,0 0,6	0,5I 0,39	0,2 0,I8	8,9	25
			0,45 0,65	0,I7 0,26	0,06 0,I	4,4	I0

Расчет оптимальной глубины рыхления

$$H_p^{опт} = \frac{-(d_2B' - 2A') \pm \sqrt{(d_2B'-2A')^2 - 4d_2A'(d_2F-B')}}{2d_2A'},$$

где $A' = 0{,}5a_1(1-K_1)$; $B' = 2b + (l-b)(1-K_1)$;

$$F = \frac{(1-K_1)(l-b)^2}{2a_1}; \quad l = 0{,}8\ м; \quad b = 0{,}105\ м;$$

$$a_1 = \frac{\sum_{j=1}^{m} H_{pj}(B_j - b)}{\sum_{j=1}^{m} H_{pj}^2}; \quad K_1 = \frac{\sum_{j=1}^{m} H_{pj} h_{1j}}{\sum_{j=1}^{m} H_{pj}^2};$$

$$d_2 = \frac{\sum_{j=1}^{m} H_{pj} \ln v_p^{max}/v_{pj}}{\sum_{j=1}^{m} H_{pj}^2};$$

v_p^{max} = 6 км/ч – скорость бульдозера с рыхлителем при H_p= 0.

Составляющие для расчета опытных коэффициентов a_1, K_1, и параметра d_2

H_{pj}	B_j	$B_j - в$	H_{pj}^2	$H_{pj}(B_j - в)$	h_{1j}	$H_{pj}\, h_{ij}$	γ_{pj}	$\frac{\gamma_p^{max}}{\gamma_{pj}}$	$\ln \frac{\gamma_p^{max}}{\gamma_{pj}}$	$H_{pj} \ln \frac{\gamma_p^{max}}{\gamma_{pj}}$
0,5I	I,0	0,895	0,260I	0,4565	0,2	0,I02	I,28	7,34	I,993	I,0I6
0,39	0,6	0,495	0,I52I	0,I93I	0,I8	0,0702	I,28	7,34	I,993	0,777
0,I7	0,45	0,345	0,0289	0,0587	0,06	0,0I02	I,58	5,95	I,783	0,303
0,26	0,65	0,545	0,0676	0,I4I7	0,I	0,026	I,58	5,95	I,783	0,464
	$\sum$ 2,28	$\sum$ 0,5087	$\sum$ 0,85			$\sum$ 0,2084				$\sum$ 2,56

$a_1 = \frac{0,85}{0,5087} = I,6709$; $K_1 = \frac{0,2084}{0,5087} = 0,4096$; $d_2 = \frac{2,56}{0,5087} = 5,03$;

$A' = 0,4932$; $B' = 0,6203$; $F = -0,085$.

$$H_p^{опт} = \frac{-2,I34 \pm 3,866}{4,96I6} = 0,35 \text{ м}.$$

II. ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА КОМПЛЕКСА ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН С РЫХЛИТЕЛЕМ И УСТАНОВЛЕНИЯ ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ РАЦИОНАЛЬНОГО КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА ИХ РАБОТЫ

Исходные данные:

Габаритные размеры котлована, м

- длина $B_{пр}$ I00,4
- ширина $A_{пр}$ I7,8
- глубина $H_{раз}$ 2,69

Грунтовые условия

- грунт ..... Суглинок, IУ гр.
- глубина промерзания грунта $H_{м.г.}$, м..... I,0

Климатические условия

- время повторного смерзания разрыхленного грунта $T_{см}$, ч 24
- температура окружающего воздуха $t_в^н$, °С -20

Плановое время разработки мерзлого грунта
$T_{пл}$, суток 13
Продолжительность смены $t_{см}$, ч 8,2
Коэффициент сменности $K_{см}$ 2
Продолжительность техобслуживания $T_{т.о.}$, ч .. 8

Климатические и грунтовые данные взяты для условий г. Петрозаводска. Все графические построения аналогичны методике, рассмотренной выше (см. рис. 6).

Технология разработки котлована

Разработку котлована начинают с работы рыхлителя, который создает задел ($V_{зад}^{рых}$) для работы бульдозера. После выполнения рыхлителем задела в работу вступает бульдозер на сдвижку разрыхленного слоя мерзлого грунта (рис. П).

Погрузку разрыхленного грунта в автотранспорт производят одноковшовым экскаватором № I после выполнения бульдозером задела ($V_{зад}^{э(м1)}$).

Разработка последующих слоев мерзлого грунта производится аналогично разработки I-го слоя мерзлого грунта.

Разработку немерзлого грунта до проектной отметки котлована производят одноковшовым экскаватором № 2, вступающим в работу после подготовки фронта работ бульдозером на последнем слое разрабатываемого мерзлого грунта.

I. Для послойного рыхления мерзлого грунта принимаем из парка машин строительной организации наиболее мощный рыхлитель ДЗ-94С с производительностью $П_{рых_1}$ = 13,3 м^3/ч и $П_{рых_2}$ = 16,6 м^3/ч (табл.I).

Таблица I

Производительность рыхлителя ДЗ-94С на рыхлении мерзлого грунта, м^3/ч (местные нормы)

Рыхление слоя	Группа грунта	
	Шм	IУм
I-го на 0,2 м	18,5	13,3
II-го и последующих на 0,4 м	25,6	16,6

2. Оптимальную глубину рыхления I-го слоя принимаем равной

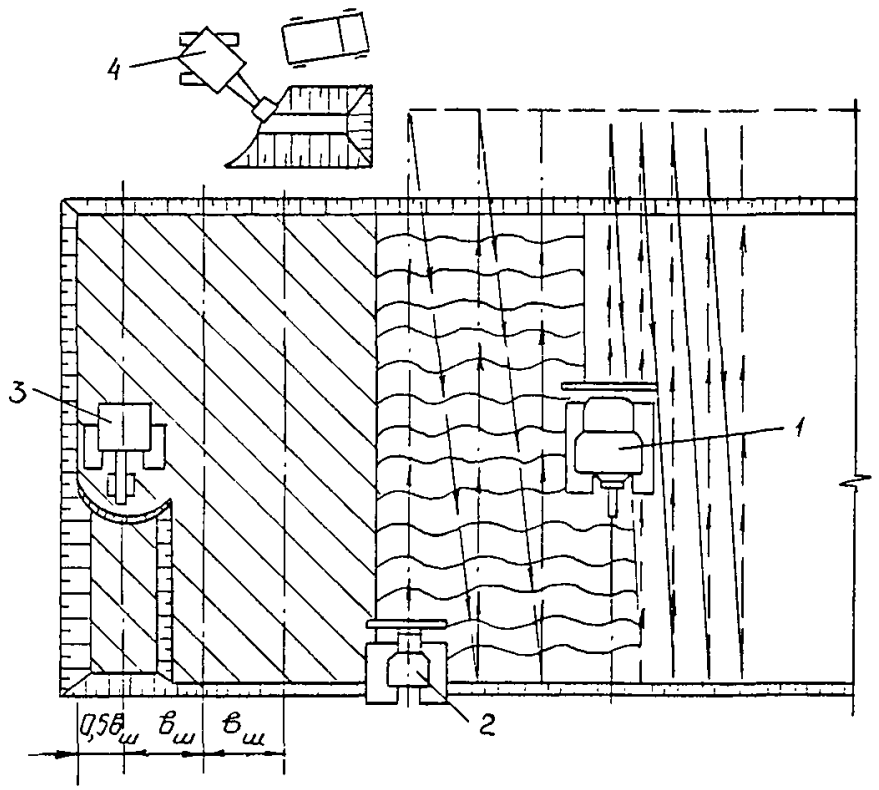


Рис. II. Разработка котлована в мерзлом грунте

I - рыхлитель ДЗ-94С; 2 - бульдозер Д-606; 3 - одноковшовый экскаватор № I с вместимостью ковша I,25 $м^3$; 4 - одноковшовый экскаватор № 2 с вместимостью ковша 0,65 $м^3$

$H_p^{опт}$ = 0,40 м (опытные данные ЦНИИОМТП).

Оптимальную глубину рыхления II-го и последующего слоев мерзлого грунта принимаем равными

$$H_{p_2}^{опт} = H_{p_3}^{опт} = \ldots = H_{p_n}^{опт} = 0{,}63 \text{ м (опытные данные ЦНИИОМТП).}$$

3. Определяем толщину разрыхляемого слоя

$$H_{слоя_1} = 1{,}25\left[H_{p_1}^{опт} - (0{,}338\ H_{p_1}^{опт} + 0{,}1)\right] = 1{,}25\left[0{,}4 - (0{,}338 \times 0{,}4 + 0{,}1)\right] = 0{,}2 \text{ м}$$

$$H_{слоя_2} = H_{слоя_3} = \ldots = H_{слоя_n} = 1{,}25\left[0{,}63 - (0{,}338 \cdot 0{,}63 + 0{,}1)\right] = 0{,}4 \text{ м.}$$

4. Определяем технологический объем разрабатываемого мерзлого грунта в зависимости от схемы движения рыхлителя:

а) при движении рыхлителя вдоль короткой стороны котлована (рис. III)

$$V_{раз_{м.г.}} = \sum_{i=1}^{n}\left[A_{пер} + \mathcal{L}_{з.в.}(n-i)\ H_{слоя_i}\ B_{пер} + 2{,}747 H_{слоя_i}(2i-1)\right],$$

где $A_{пер}$, $B_{пер}$ – ширина и длина котлована на плоскости перехода мерзлого грунта в немерзлый

$$A_{пер} = A_{пр} + 2mH_{н.г.} = 17{,}8 + 2 \cdot 0{,}67 \cdot 1{,}69 = 20{,}6 \text{ м},$$

где $A_{пр}$ – ширина котлована по дну (исходные данные), м;

m – величина допустимого откоса (принимается в зависимости от грунтовых условий), m = 0,67;

$H_{н.г.}$ – глубина разработки немерзлого грунта $H_{н.г.} = H_{раз} - H_{м.г.} = 2{,}69 - 1{,}0 = 1{,}69$ м.

$$B_{пер} = B_{пр} + 2mH_{н.г.} = 100{,}4 + 2 \cdot 0{,}67 \cdot 1{,}69 = 102{,}6 \text{ м.}$$

$\mathcal{L}_{з.в.}$ – путь заглубления-выглубления стойки рыхлителя, $\mathcal{L}_{з.в.}$ = 3 м;

i – порядковый номер разрабатываемого слоя мерзлого грунта.

Количество разрабатываемых слоев мерзлого грунта определяем из равенства

$$H_{слоя_1} + H_{слоя_2} + \ldots + H_{слоя_n} = H_{м.г.}$$

$$0{,}2 + 0{,}4 + 0{,}4 = 1{,}0 \text{ м.}$$

Таким образом, n = 3.

$$V_{раз_1} = \left[20{,}06 + 3{,}0\ (3-1)\right] 0{,}2\left[102{,}6 + 2{,}747 \cdot 0{,}2\ (2 \cdot 1 - 1)\right] = 537{,}7 \text{ м}^3$$

$$V_{раз_2} = \left[20{,}06 + 3{,}0(3-2)\right] 0{,}4\left[102{,}6 + 2{,}747 \cdot 0{,}4(2 \cdot 2-1)\right] = 977 \text{ м}^3$$

$$V_{раз_3} = \left[20{,}06+3{,}0(3-3)\right] 0{,}4\left[102{,}6+2{,}747 \cdot 0{,}4(2 \cdot 3-1)\right] = 867{,}5 \text{ м}^3$$

$V_{раз\,м.г.} = 537,7 + 977 + 867,5 = 2382\ м^3$.

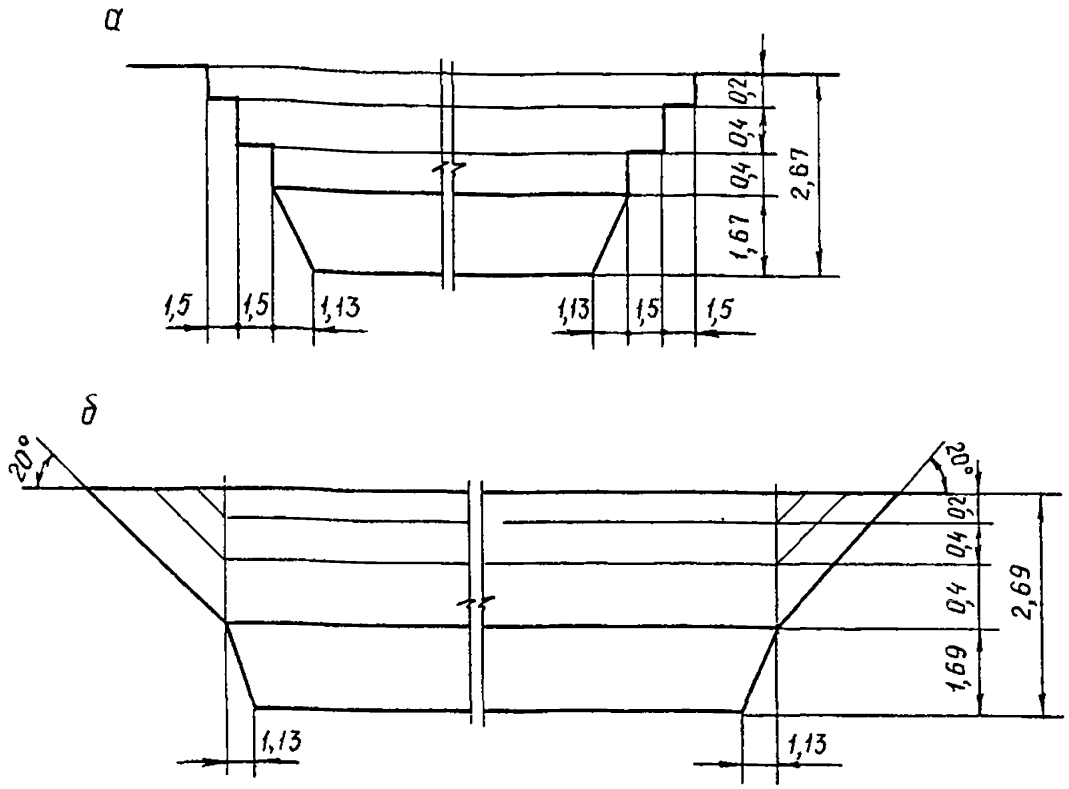


Рис. Ш. Схема технологического сечения котлована (продольного и поперечного)
При движении рыхлителя вдоль длинной стороны котлована:
а – поперечное сечение; б – продольное сечение.
При движении рыхлителя вдоль короткой стороны котлована:
а – продольное сечение; б – поперечное сечение.

б) при движении рыхлителя вдоль длинной стороны котлована

$$V_{раз\,м.г.} = \sum \left[B_{пер} + \mathcal{I}_{з.в.}(n-i)\right] H_{слоя\,i} \left[A_{пер} + 2,747 H_{слоя\,i}(2i-1)\right].$$

$V_{раз_1}$ = [I02,6+3,0(3–I)] 0,2 [20,06+2,747 · 0,2(2 · I–I)] = 459,4м^3;

$V_{раз_2}$ =[I02,6+3,0(3–2)]0,4[20,06+2,747 · 0,4(2 · 2–I)] = I009,5 м^3,

$V_{раз_3}$ =[I02,6+3,0(3–3)]0,4[20,06+2,747 · 0,4(2 · 3–I)] = I07I,I м^3,

$V_{раз\,м.г.}$ = 459,4 + I009,5 + I07I,I = 2540 м^3.

По минимальному значению $V_{раз\,м.г.}$ принимаем движение рыхлителя вдоль короткой стороны. Принятая схема движения рыхлителя согласовывается с условиями производства работ на разработке котлована.

5. Определяем габаритные размеры котлована для его разметки (А – ширина, В – длина)

$$A = A_{пер} + B_{р}\ (n - 1) = 20{,}06 + 4{,}73\ (3-1) = 29{,}5\ м,$$

где $B_р$ – ширина рыхлителя, $B_р = 4{,}73$ м.

$$B = B_{пер} + \mathcal{L}_{з.в.} + 2 \cdot 2{,}747\ n = 102{,}6 + 3 + 2 \cdot 2{,}747 \cdot 3 = 122\ м.$$

6. Определяем объем разрабатываемого немерзлого грунта

$$V_{раз\,н.г.} = A_{пр} B_{пр} H_{н.г.} + m H_{н.г.} A_{пр} + m H_{н.г.} B_{пр} + \frac{4}{3} m^2 H_{н.г.} =$$

$$= (17{,}8 \cdot 100{,}4 \cdot 1{,}69) + (0{,}67 \cdot 1{,}69 \cdot 17{,}8) + (0{,}67 \cdot 1{,}69 \cdot 100{,}4) + \frac{4}{3} \cdot 0{,}67^2 \cdot 1{,}69 = 3155\ м^3.$$

7. Определяем общий объем разрабатываемого грунта

$$V_{раз} = 2382 + 3155 = 5537\ м^3.$$

8. Определяем метод движения рыхлителя:

а) время цикла при движении рыхлителя с поворотами в конце рабочего хода равно, ч,

$$T_{ц\,пов} = \frac{\mathcal{L}_{рх}}{1000 V_{рх}} + \frac{t_р}{3600},$$

где $\mathcal{L}_{рх}$ – длина рабочего хода рыхлителя, $\mathcal{L}_{рх} = A = 29{,}5$ м;

$t_р$ – время разворота рыхлителя, $t_р = 20$ с (по справочным данным);

$V_{рх}$ – средняя рабочая (расчетная) скорость рыхлителя, $V_{рх} = 2{,}5$ км/ч.

$$T_{ц\,пов} = \frac{29{,}5}{1000 \cdot 2{,}5} + \frac{20}{3600} = 0{,}0174\ ч;$$

б) время цикла при челночном движении рыхлителя, ч,

$$T_{ц\,челн} = \frac{\mathcal{L}_{рх}}{1000 V_{рх}} + \frac{\mathcal{L}_{ох}}{1000 V_{хх}} + \frac{t_{орх}}{3600} + \frac{t_{оох}}{3600},$$

где $\mathcal{L}_{ох}$ – длина обратного хода рыхлителя, $\mathcal{L}_{ох} = \mathcal{L}_{рх} = 29{,}5$ м;

$V_{хх}$ – средняя скорость холостого хода рыхлителя (по опытным данным ЦНИИОМТП), $V_{хх} = 6$ км/ч;

$t_{орх}, t_{оох}$ – среднее время остановки соответственно после рабочего и обратного хода, $t_{орх} = 2$ с; $t_{оох} = 3$ с (по справочным данным).

$$T_{ц\,челн} = \frac{29{,}5}{1000 \cdot 2{,}5} + \frac{29{,}5}{1000 \cdot 6} + \frac{2}{3600} + \frac{3}{3600} = 0{,}018\ ч.$$

$$T_{ц\,пов} < T_{ц\,челн}.$$

По минимальному значению цикла принимаем движение рыхлителя с поворотами в конце рабочего хода.

Принятый метод движения рыхлителя согласовывается с условиями производства работ на разработке котлована.

9. Устанавливаем схему разработки мерзлого грунта.

Вариант № I - параллельная схема (применение мощного бульдозера с рыхлителем на рыхлении, а на параллельной сдвижке разрыхленного грунта - менее мощного бульдозера). Вариант № 2 - последовательная схема (применение мощного бульдозера с рыхлителем на рыхлении и последовательной сдвижке разрыхленного грунта).

Принимаем параллельную схему разработки мерзлого грунта (вариант № I).

I0. Определяем необходимое количество рыхлителей для разработки мерзлого грунта в плановый срок.

$$N_{рых} = \frac{1}{T_{пл} t_{см} K_{см} - T_{п.о.}} \left(\frac{V_{раз_1}}{П_{рых_1}} + \frac{V_{раз_{м.г.}} - V_{раз_1}}{П_{рых_2}} \right) =$$

$$= \frac{I}{I3 \cdot 8{,}2 \cdot 2 - 8} \left(\frac{537{,}7}{I3{,}3} + \frac{2382 - 537{,}7}{I6{,}6} \right) = 0{,}74 \approx I.$$

Принимаем один рыхлитель, $N_{рых} = I$.

По таблице II устанавливаем марку базового трактора бульдозера (бульдозеров). Для сдвижки грунта в отвал на расстояние 60 м принимаем ДТ-75 с производительностью, близкой к $П_{рых_1}$ ($П_б = I2{,}4 м^3/ч$).

Таблица II

Производительность бульдозера на перемещении разрыхленного мерзлого грунта в отвал на расстояние до 60 м, $м^3/ч$

Базовый трактор бульдозера	Группа грунта	
	IIм	IIIм
ДТ-75	I4,5	I2,4
Т-I00	36,I	30,86
Т-I30	59,5	5I,0
Т-I80	57,I	49,3
Т-330	65,8	56,5

Примечание. Применяется зимний коэффициент К: ноябрь - 0,94; декабрь, март - 0,92; январь, февраль - 0,88.

II. Строим графики работы рыхлителя в виде прямой с углом наклона α_1 ($tg\alpha_1 = П_{рых_1}$) на рыхлении I-го слоя мерзлого грунта и α_i ($tg\alpha_i = П_{рых_i}$) на рыхлении II-го и последующих слоев мерзлого грунта.

I2. Определяем величину задела ($V^{рых}_{зад\,т.б.}$), выполняемого рыхлителем для бульдозера на разработке I-го, II-го и III-го слоев мерзлого грунта для случая $П_{рых_1} > П_б$ по формуле (I)

при $A_{б.р.} = 5$ м; $N_{общ} = 2$; $B_б = 2{,}5$ м; $B_р = 4{,}73$ м;

$N_б = N_р = I$; $x_1 = L_{рх} = 29{,}5$ м; $x_2 = 29{,}5-(I{,}5+I{,}5) = 26{,}5$ м;

$x_3 = 26{,}5 - (I{,}5+I{,}5) = 23{,}5$ м; $П_{слоя_1} = 0{,}2$ м;

$$П_{слоя_2} = П_{слоя_3} = 0{,}4 \text{ м}$$

$V^{рых}_{зад\,т.б.1} = [5(2-I)+2{,}5\cdot I+2{,}5(I-I)+0{,}5\cdot 4{,}73]29{,}5\cdot 0{,}2 = 9{,}9\cdot 29{,}5\cdot 0{,}2 =$
$= 58{,}4$ м^3;

$V^{рых}_{зад\,т.б.2} = 9{,}9 \cdot 26{,}5 \cdot 0{,}4 = I04{,}9$ м^3;

$V^{рых}_{зад\,т.б.3} = 9{,}9 \cdot 23{,}5 \cdot 0{,}4 = 93{,}I$ м^3.

Определяем время начала работы бульдозера относительно рыхлителя

$$t^б_н = \frac{V^{рых}_{зад\,т.б.1}}{П_{рых_1}} = \frac{58{,}4}{I3{,}3} = 4{,}4 \text{ ч.}$$

I3. Строим график работы бульдозера от точки $t^б_н = 4{,}4$ ч в виде прямой с углом наклона β ($tg\beta = П_б$).

По графикам работы машин определяем промежуток времени между окончанием работы рыхлителя и бульдозера ($t_р$). Так как $t_р > T_{см}$ разработку мерзлого грунта планируем захватками. Объем грунта на захватках и $T_{т.п.}$ определяем графически.

I4. Для сокращения технологических простоев планируем совместную работу рыхлителя с бульдозером на сдвижке грунта в течение времени, определяемом по формуле (5)

при $V_{см} = П_б T_{см} = I2{,}4 \cdot 24 = 297{,}6$ м^3; $П'_б = 56{,}5$ м^3/ч (производительность ДЗ-94С на сдвижке грунта в отвал).

$$T^{р-б}_{сов\,зах} = \frac{297{,}6 - 58{,}4}{I2{,}4 + 56{,}5} = 3{,}5 \text{ ч.}$$

Зная $T^{р-б}_{сов\,зах}$, уточняем графики работы рыхлителя и бульдозера

в последовательности, приведенной выше.

На последней захватке планируем использовать рыхлитель на сдвижке разрыхленного грунта совместно с бульдозером в течение времени, определяемом по формуле (6) при $V_{ост}$ = 240 м^3 (определяют графически)

$$T^{р-б}_{совзах\,к} = \frac{240 - 93,1}{12,4 + 56,5} = 2,1 \text{ ч.}$$

Уточняем графики работы рыхлителя и бульдозера на последней захватке.

15. Принимаем схему работы одноковшового экскаватора № 1, показанную на рис. 11.

16. По графикам работы рыхлителя и бульдозера определяем оптимальную производительность одноковшового экскаватора № 1 (см. методику, описанную ранее). Устанавливаем производительность экскаватора (близкую к оптимальной) из числа имеющихся в парке организации.

Производительность одноковшового экскаватора на разработке (погрузке) разрыхленного мерзлого грунта выбирается с учетом вместимости его рабочего органа.

Вместимость ковша, м^3	0,5	0,65	1,0	1,25
Погрузка в автотранспорт, м^3/ч	12,8	17,9	10,6	15,2

При повороте стрелы свыше 135^0 применяют коэффициент К = 0,91, а при повороте на 180^0 - К=0,83.

Принимаем одноковшовый экскаватор № 1 производительностью $П^{э(м1)}_{факт}$ = 17,9 м^3/ч (вместимость ковша 0,65 м^3).

17. Определяем высоту отвала на разработке i -го слоя мерзлого грунта по формуле (10) при $B_{отв}$ = 10 м.

$$H_{отв_1} = \frac{537,7}{10 \cdot 100,4} = 0,54 \text{ м;}$$

$$H_{отв_2} = \frac{977}{10 \cdot 100,4} = 0,97 \text{ м;}$$

$$H_{отв_3} = \frac{867,5}{10 \cdot 100,4} = 0,86 \text{ м.}$$

18. Определяем задел грунта, обеспечивающий соблюдение безопасного расстояния между работающими машинами, по формуле (11) при $R_{н.с.}$ = 9,2 м.

$$V^{э(м1)}_{зад\,т.б.1} = (9,2 + 5)0,54 \cdot 10 = 76,7 \text{ м}^3;$$

$$V_{зад\ т.б.\ 2}^{э(N1)} = (9,2 + 5)0,97 \cdot 10 = 137,7\ м^3;$$

$$V_{зад\ т.б.\ 3}^{э(N1)} = (9,2 + 5)0,86 \cdot 10 = 122\ м^3.$$

19. Определяем часть задела, покрывающую разность производительностей бульдозера и одноковшового экскаватора № I, по формуле (I3)

$$V_{п\ 1} = 537,7\ \frac{17,9 - 12,4}{17,9} = 537,7 \cdot 0,31 = 165\ м^3;$$

$$V_{п\ 2} = 977 \cdot 0,31 = 300\ м^3;$$

$$V_{п\ 3} = 867,5 \cdot 0,31 = 269\ м^3.$$

20. Определяем величину задела, выполняемого бульдозером для одноковшового экскаватора № I (схему работы см. рис. II) на разработке I-го, II-го и III-го слоев мерзлого грунта для случая $П^{э(N1)} > П_б$, по формуле (I2)

$$V_{зад\ 1}^{э(N1)} = 76,7 + 165 = 241,7\ м^3;$$

$$V_{зад\ 2}^{э(N1)} = 137,7 + 300 = 437,7\ м^3;$$

$$V_{зад\ 3}^{э(N1)} = 122 + 269 = 391\ м^3.$$

21. Определяем время начала работы одноковшового экскаватора № I относительно бульдозера

$$\Delta t_н^{э(N1)} = \frac{V_{зад\ 1}^{э(N1)}}{П_б} = \frac{241,7}{12,4} = 19,5\ ч.$$

На графике работы рыхлителя и бульдозера строим график работы одноковшового экскаватора № I по методике, рассмотренной ранее. Для сокращения технологического простоя экскаватора принимаем

$$\Delta t_н^{э(N1)} = T_{см} = 24\ ч.$$

22. По формуле (I5) определяем оптимальную производительность одноковшового экскаватора № 2 при $t_р^{доп} = T_{пр}\ K_{см}\ t_{см}$, где $T_{пр}$ = 3,75 ч – время промерзания грунта, определяется по рис.9 (при вместимости ковша одноковшового экскаватора $q \leq 0,65\ м^3$ $H_{пр}$ = 0,2 м, а при $q > 0,65\ м^3$ $H_{пр}$ = 0,4 м)

$$t_р^{доп} = 3,75 \cdot 2 \cdot 8,2 = 61,5\ ч.$$

Таким образом, $П_{опт}^{э(№2)} = \frac{3I55}{\frac{867,5}{I2,4} + 6I,5} = 24,0$ м^3/ч.

Определяем производительность экскаватора бо́льшую или равную оптимальной из числа имеющихся в парке организации.

Производительность одноковшового экскаватора с оборудованием обратная лопата на разработке немерзлого грунта выбирается с учетом вместимости его рабочего органа.

Вместимость ковша, м^3	0,5	0,65	I,0	I,25
Погрузка в автотранспорт, м^3/ч	I4,9	I7,9	2I,7	28,2

Применяют понижающие коэффициенты:

при повороте стрелы на I35^0 ..... 0,9I
то же на I80^0 0,83
при намерзании на ковш 0,9I
в зимний период: ноябрь 0,94
март, декабрь 0,92
январь, февраль 0,88

Принимаем одноковшовый экскаватор № 2 производительностью $П_{факт}^{э(№2)} = 28,2$ м^3/ч.

23. Определяем величину задела, выполняемого бульдозером для одноковшового экскаватора № 2, по формуле (I6) при $l_{отв} = A_{пер} = 20,06$ м; $b_{ш} = I0,2$ м.

$$V_{зад.т.б.}^{э(№2)} = [0,5(I0,2+9,6)+I0,2(I-I)+0,5 \cdot 9,6+5+0,5 \cdot 2,5]20,06 \cdot 0,4 =$$

$= I68,I$ м^3.

24. Для построения графика работы одноковшового экскаватора № 2 приводим его фактическую производительность к загрузке бульдозера по формуле (I7)

$$П_{прив}^{э(№2)} = 28,2 \frac{0,4}{I,69} = 6,7 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

25. Для сокращения времени разработки котлована планируем переход одноковшового экскаватора № I, после окончания его работы на погрузке грунта, на совместную с одноковшовым экскаватором № 2 разработку немерзлого грунта.

Для построения графика работы одноковшового экскаватора № I на разработке немерзлого грунта (последняя захватка) производительность $П_{факт}^{э(№1)}$ приводим к загрузке бульдозера по формуле (20)

$$П^{э(N1)}_{прив} = 17{,}9\,\frac{0{,}4}{1{,}69} = 4{,}2\ м^3/ч.$$

26. Определяем по формуле (19) величину задела, который необходимо иметь для безопасной работы двух экскаваторов, при $\mathcal{L}_ш = 18{,}4$ м ($\mathcal{L}_ш$ определяют графически. См. рис. 10)

$$V^{э(N1),(N2)}_{зад\ т.б.\ прив} = 18{,}4 \cdot 10{,}2\frac{0{,}4}{1{,}69} = 44{,}4\ м^3.$$

27. По построенному графику определяем объем грунта ($V_{ост\ прив}$), подлежащего разработке одноковшовым экскаватором № 2 и приведенного к загрузке бульдозера

$$V_{ост\ прив} = 550\ м^3/ч.$$

28. Определяем время совместной работы одноковшовых экскаваторов № 1 и № 2 по формуле (18)

$$T^{э(N1),(N2)}_{сов} = \frac{550 - 44{,}4}{4{,}2 + 6{,}7} = 46{,}4\ ч.$$

29. На основании данных, полученных в п.п. 25-28, уточняем графики работы одноковшовых экскаваторов № 1 и № 2 и определяем календарный план работы машин.

Результаты расчета технико-экономических показателей разработки котлована комплексом машин сведены в таблицу 3. Здесь также приведены результаты аналогичного расчета технологического комплекса машин для варианта № 2 (последовательная схема разработки грунта).

Из анализа табл. 3 следует, что увеличение состава технологического комплекса машин (вариант № 2) в результате дополнительного включения бульдозера и применение параллельной схемы разработки мерзлого грунта эффективно только при рациональной организации работы машин в комплексе.

В этом случае возможно уменьшение времени разработки котлована на 12,5 % и снижение затрат на 6-10 %.

Технико-экономические показатели разработки котлована I00,4х I7,8х2,69 м комплексом машин в суглинистых грунтах с глубиной сезонного промерзания до I,0 м

Вариант № 2 (бульдозер с рыхлителем последовательно рыхлит и сдвигает грунт)							Вариант № I (мощный бульдозер с рыхлителем последовательно сдвигает грунт)	
Состав бригады	Время пребывания машины на объекте, ч		Технологический простой, %	Время разработки, $T_{раз}$, ч	Уд. себестоимость $C_{уд}$, руб./м³	Уд. приведенные затраты, Z, руб./м³	Показатели	
	общее	работы					Состав бригады	Время бывания машин объек
								общее
Машинист (6 разр.-I) на бульдозере с рыхлителем ДЗ-94С(трактор Т-330)	I93* / 24	I93 / 24	-				Машинист (6 разр.-I) на рыхлителе ДЗ-94С(трактор Т-330)	I82,4 / 22,8
Машинист (6 разр.-I) на ЭО-4I2IA(№ I) на погрузке грунта	224 / 28	I64 / 20,5	27,0 / 3,4	257 / 32,I	I,9	3,06	Машинист (5 разр.-I) на бульдозере Д-606(трактор ДТ-75)	I99,5 / 24,9
Машинист (6 разр.-I) на ЭО-4I2IA(№ 2) на разработке немерзлого грунта	87,0 / I0,9	87,0 / I0,9	-				Машинист (6 разр.-I) на ЭО-4I2IA (№ I) на погрузке грунта	2I8,0 / 27,3
Шофер (3 разр.-I) на КРАЗ-256Б	230 / 28,8						Машинист (6 разр.-I) на ЭО-4I2IA (№ 2) на разработке немерзлого грунта	93,0 / II,6
							Шофер (3 разр.-I) на КРАЗ-256Б	225 / 28,I

* В числителе - часы; в знаменателе - смены.

бульдозер с рыхлителем рыхлит грунт, менее мощный бульдозер планирует грунт)													
базисной технологии ($Б_т$)					Показатели технологии с рациональной организацией работы машин в комплексе								
Время пребывания машины на объекте, ч		Технологический простой, %	$T_{раз}$, ч	$C_{уд}$, руб./м³	Z, руб./м³	Время пребывания машины на объекте, ч		Технологический простой, %	$T_{раз}$, ч	$C_{уд}$, руб./м³	Z, руб./м³	Экономическая эффективность, руб.
	работы					общее	работы					
I52 / I9	I7,0					I62,7 / 20,3	I62,7 / 20,3	-				I529-по сравнению с вариантом технологии № 2; I008,4-по сравнению с вариантом технологии № I($Б_т$)
I98,5 / 24,8	I,0					I55 / I9,3	I54 / I9,2	I,0	225 / 28,I	I,82	2,88	
I60,0 / 20	26,0 / 3,3	259 / 32,3	2,09	3,I5		I87 / 23,4	I66,5 / 20,8	20,5 / 2,5				
93,0 / II,6	-					87,0 / I0,9	87,0 / I0,9	-				
						I92 / 24						

С О Д Е Р Ж А Н И Е

I. Общие положения 4

2. Технология разработки мерзлых грунтов бульдозерами с рыхлителями 5

3. Графоаналитический метод определения рационального состава комплекса землеройных машин и календарного плана их работы на разработке земляных сооружений в мерзлых грунтах 7

4. Определение рациональной технологии разработки выемок в мерзлых грунтах 29

Приложение. I. Пример расчета оптимальной глубины рыхления по данным экспериментальных (опытных) работ 32

II. Пример определения рационального состава комплекса землеройных машин с рыхлителем и установления графоаналитическим методом рационального календарного плана их работы 34

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕРЗЛЫХ
ГРУНТОВ БУЛЬДОЗЕРАМИ С РЫХЛИТЕЛЯМИ

Выпуск № 2844/3.I

Ответственный за выпуск Е.А.Ермакова

Исполнители: Н.В.Зайцева, Д.В.Куликова,
Е.А.Шамшинович

Л- 77818 Сдано в печать 3.08.1987 г. Формат 60х84/16
Объем 3,0 печ.л., 3,02 уч.-изд.л., 3,375 усл.кр.-отт.
Тираж 3500 экз. Заказ 1202 Цена 60 коп.

Бюро внедрения ЦНИИОМТП Госстроя СССР
103012, Москва, К-12, ул. Куйбышева, 3/8
Тел. 228-89-24

Отпечатано в ПЭМе ВНИИИСа Госстроя СССР

gost.e-ecolog.ru