

О. Д. АЛИМОВ, И. Г. БАСОВ, Ф. Ф. ЗЕЛИНГЕР

**НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ
РЕЗАНИЯ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ БАРОВОЙ ЗЕМЛЕРЕЗНОЙ
УСТАНОВКОЙ «МОРОЗ»**

Режимы работы баровых землерезных машин характеризуются скоростями резания и подачи, геометрией резцов и расположением их в цепи, размерами прорезаемой щели, интенсивностью удаления штыба. При рациональном сочетании этих параметров удастся получить наиболее высокую производительность машины. Таким образом, под рациональным или оптимальным режимом работы баровой землерезной установки следует понимать такое сочетание упомянутых выше параметров, которое позволяет получить наибольшую производительность по прорезанию щелей при данной мощности привода машины.

В последние годы проведено много работ по совершенствованию баровых землерезных машин [1—6], но многие вопросы, связанные с выбором оптимальных режимов работы, до сих пор остаются нерешенными. В технической литературе нельзя, например, найти ответа на вопрос, какими должны быть по величине скорости движения режущей цепи, подачи и в каком соотношении их необходимо принимать при совмещении процесса резания и перемещения установки. Большинство существующих землерезных машин работает при скоростях резания, лишь немного превышающих 1 м/сек. Эти скорости значительно ниже скоростей резания угля такими же исполнительными органами и, по мнению авторов данной работы, существенно ограничивают возможности повышения производительности землерезных машин. Единственный довод, приводимый для обоснования таких низких скоростей резания, заключается в том, что при этом якобы наблюдается меньший износ режущих зубков. Однако достаточно убедительных данных в подтверждение этого мнения не приводится [3, 4, 5].

Для решения затронутых выше вопросов и были проведены экспериментальные работы по исследованию режимов резания грунтов баровыми исполнительными органами с помощью экспериментальной установки «Мороз».

В данной работе приводятся некоторые результаты этих экспериментальных исследований.

Эксперименты проводились в полевых условиях зимой 1963—1964 гг. в приречном районе г. Томска на грунтах ненарушенной структуры, не содержащих включений скальных пород (табл. 1). Для исследований выбирали ровные площадки размером 300×1200 м каждая. Снежный покров составлял 0,1—0,35 м. Температура воздуха в период проведе-

ния опытов колебалась в пределах от -8° до -26°C при скорости ветра до 14 м/сек.

В период испытаний режущая цепь бара была набрана в «елочку» с девятью линиями резания. При резании использовались зубки марки КМЗ-1 с нормальной державкой.

Таблица 1

Наименование грунта	Содержание фракций, %			Пористость, %	Сцепление, кг/см ²	Число пластичности, %	Объемный вес, г/см ³	Удельный вес, г/см ³	Влажность, %	Льдистость, %	Глубина промерзания грунта, м	Температура грунта в °С на глубине 15 см	Количество ударов плотно- мера ДорНИИ
	больше 0,25 мм	0,25—0,1 мм	0,1—0,001 мм										
Суглинок туго-пластичный	0,6	26,0	73,4	41,1	0,2	8,2	1,89	2,9	19	—	—	+6	10—16
Супесь буровато-серая	10,0	38,0	52,0	43,0	—	—	1,70	2,7	10,2	19	0,8	—4,1	140—190
Супесь буровато-серая	11,0	36,0	53,0	48,9	—	—	1,55	2,7	12,5	20	1,5	—6,2	610—660

По результатам обработки опытных данных построены графики, иллюстрирующие исследуемые зависимости.

Производительность баровых землерезных машин, как и баровых врубовых машин, применяемых для подрубки угля, в значительной степени зависит от средней скорости подачи машины. Чем больше может быть достигнута средняя скорость подачи, тем больше производительность машины. Максимально возможные скорости подачи врубовых машин с цепным исполнительным органом ограничиваются глубиной стружки, которая может сниматься каждым резцом, а также скоростью движения цепи и расстоянием между резцами в каждой линии резания.

Максимальная глубина стружки может быть равна величине части зубка, выступающей из кулака режущей цепи. Обычно зубки закрепляются так, что выходят из кулаков цепи на 40—45 мм. Но при подрубке каменного угля врубовыми машинами глубина стружки, снимаемой каждым резцом, не превышает 14 мм. С учетом этого конструируются и зубки, передняя грань которых упрочняется вставкой твердого сплава длиной до 18 мм, считая от режущей кромки. Такие величины снимаемых стружек в сочетании со скоростями движения цепей порядка 2 м/сек, применяемых в большинстве врубовых машин, и расстоянием между зубками 1710 мм ограничивают максимальные скорости подачи врубовых машин, которые составляют в настоящее время 0,5—2 м/мин.

При исследовании режимов резания мерзлых грунтов с помощью установки «Мороз» удалось изменять скорости резания и подачи в значительно большем диапазоне, чем в известных нам опытах испытания цепных врубовых машин. Так, скорости движения цепи при резании мерзлого грунта доводились до 5,5 м/сек, а подача на каждый зубок — до величины, превышающей вылет зубка из кулака цепи.

При одной и той же схеме набора режущей цепи глубина стружки, снимаемой каждым зубком, зависит от сочетания скоростей резания и подачи. При скоростях подачи до 33 м/час глубина стружки существенно уменьшается с увеличением скорости резания лишь до 1,0—1,5 м/сек (рис. 1). Такое сочетание скоростей резания и подачи обеспечивает стружку глубиной 8—10 мм. Дальнейшее повышение скоростей резания при таких скоростях подачи не приводит к существенному изменению глубины стружки и нецелесообразно, так как приведет лишь к большему износу инструмента и большему расходу мощности на преодоление усилий трения резцов.

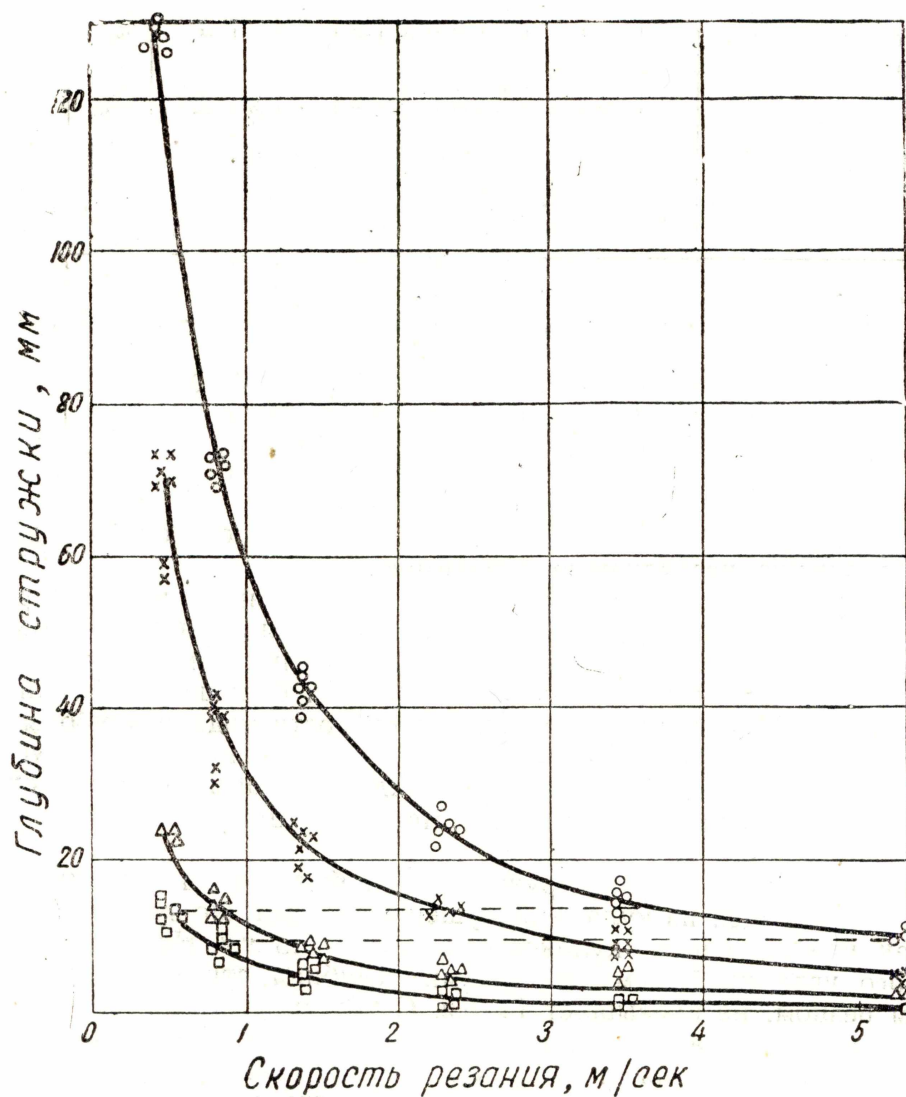


Рис. 1. Зависимость глубины стружки от скорости резания при скоростях подачи: $\square$ — 18,8 м/час; $\triangle$ — 38 м/час; $\times$ — 95 м/час; $\bullet$ — 180 м/час.

Для успешной работы стандартных режущих цепей врубковых машин при резании мерзлого грунта, если учитывать не только резание, но и вынос штыба из щели, величина стружки на каждый зубок, видимо, может составлять 20—30 мм.

Большинство землерезных машин, созданных на базе тракторов типа С-80 и С-100, рассчитаны на скорости подачи 50—60 м/час. Из рис. 2 видно, что при таких скоростях подачи для достижения глубины стружки 20 мм необходимы скорости резания не менее 1,0 м/сек. Как будет показано дальше, глубина стружки в 20 мм является наиболее целесообразной при резании мерзлых грунтов цепями стандартных врубковых машин.

С повышением скорости подачи землерезных машин свыше 60 м/час необходимо увеличивать скорости резания, иначе глубина снимаемых стружек превысит вылет зубка и машина вынуждена будет разрушать грунт кулаками цепи. Последнее приведет к нецелесообразным затратам мощности на трение цепи о грунт и направляющую раму и большому износу цепи.

Так, при скоростях подачи машины 90—95 м/час скорости резания должны составлять до 1,5—2,0 м/сек (рис. 1). Если необходимо обеспечить скорость прорезания щели до 180 м/час, то скорости движения цепи в этом случае должны быть свыше 2,0 м/сек во избежание трения кулаков цепи о целик грунта.

На рис. 2 и 3 приведены зависимости усредненного усилия протягивания одного зубка режущей цепи от глубины стружки при различных скоростях резания мерзлого грунта. Усредненное усилие протягивания одного зубка режущей цепи определялось делением величины усилия, необходимого для протягивания цепи, на число зубков, находящихся в контакте с грунтом. Таким образом, оно учитывает усилие резания грунта, трение кулака о направляющую раму и сопротивление выносимого штыба. Понятием «усредненное усилие» протягивания зубка мы хотели подчеркнуть и то обстоятельство, что усилие резания грунта непостоянно по длине забоя прорезаемой щели. Известно, что температура мерзлого грунта в массиве изменяется по мере удаления от промораживаемой поверхности грунта. В связи с этим меняется и прочность грунта [4]. В дальнейшем, для простоты изложения, усредненное усилие протягивания одного зубка мы именуем средним усилием протягивания одного резца. Из рис. 2 и 3 видно, что по мере увеличения глубины стружки усилие протягивания зубка возрастает. Причем, с увеличением глубины стружки от 5 мм до 40 мм, то есть до величины, почти равной вылету резца, усилие протягивания резца повышается пропорционально глубине стружки (рис. 2).

Среднее значение усилия протягивания одного резца в диапазоне глубины стружки 4—42 мм изменяется в следующих пределах: при скорости резания 0,43 м/сек — от 15,6 до 119 кг; при скорости резания 0,78 м/сек — от 11 до 105 кг; при скорости резания 1,31 м/сек — от 13 до 96 кг. При глубине стружки более 20 мм увеличение скорости резания с 0,43 до 1,31 м/сек (рис. 2) несколько уменьшает усилие резания.

С увеличением скорости резания свыше 2,0 м/сек уже при величине стружки от 5 до 15 мм среднее усилие протягивания резца существенно уменьшается (рис. 3). Можно предполагать, что уменьшение усилия протягивания резца с увеличением скорости резания происходит в связи с тем, что при увеличении скорости движения цепи снижаются сопротивления движению цепи по утюгу и холостой ветви бара, а также уменьшаются пластические деформации грунта при его разрушении, большая доля мерзлого грунта разрушается хрупко.

При скоростях резания 0,43 м/сек была достигнута глубина стружки, в три раза превышающая вылет резца. Было зафиксировано, что при таких режимах резания увеличение среднего усилия протягивания резца с повышением глубины стружки происходит менее интенсивно.

но (рис. 2). К сожалению, мощность привода установки «Мороз» была недостаточной для резания грунта стружкой такой глубины при других скоростях резания. Но если отмеченное явление подтвердится, то это позволит предположить, что снижение усилия протягивания резца кулака при глубинах стружки, превышающих высоту резца, происходит под влиянием масштабного фактора. Тогда можно будет рекомендовать для разрушения мерзлых грунтов цепи с возможно большей шириной резцов и меньшим числом линий резания. Для окончательного ответа на

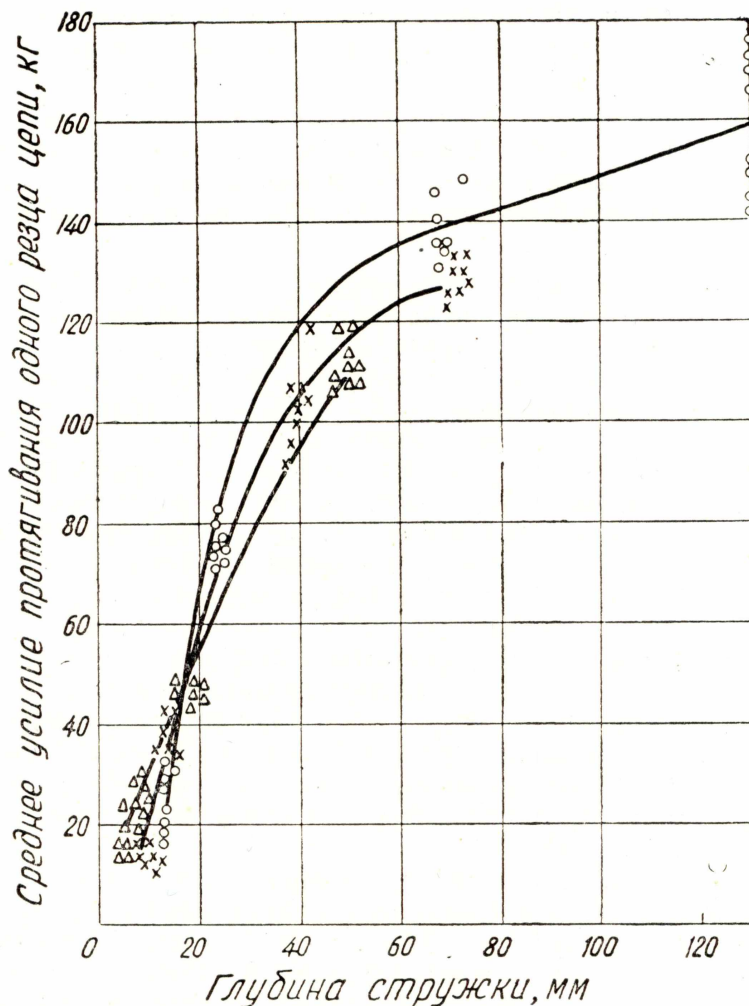


Рис. 2. Зависимость усилия протягивания одного резца цепи от глубины стружки при скоростях резания: $\circ$ — 0,43 м/сек; $\times$ — 0,78 м/сек; $\triangle$ — 1,31 м/сек.

эти вопросы необходимо провести более широкие исследования режимов резания мерзлых грунтов и нагрузки на режущую цепь.

С увеличением скорости подачи машины среднее усилие протягивания одного резца при различных скоростях резания изменяется неодинаково (рис. 4). При скоростях резания 0,43 м/сек и 0,78 м/сек быстрое нарастание усилия протягивания резца наблюдается до скорости подачи в 100 м/час. Дальнейшее увеличение подачи сопровождается менее интенсивным ростом среднего усилия протягивания резца.

Эти же зависимости при скоростях резания 1,31; 2,3; 3,4 и 5,4 м/сек имеют несколько иной характер.

Зная величину усилия, необходимого для протягивания одного резца, можно определить усилие протягивания всей цепи и крутящий момент на приводной звездочке бара. Величины их будут зависеть от размеров бара, числа зубков, находящихся одновременно в контакте с грунтом.

На рис. 5 приведена зависимость среднего крутящего момента на звездочке бара от скорости резания для установки «Мороз», при глуби-

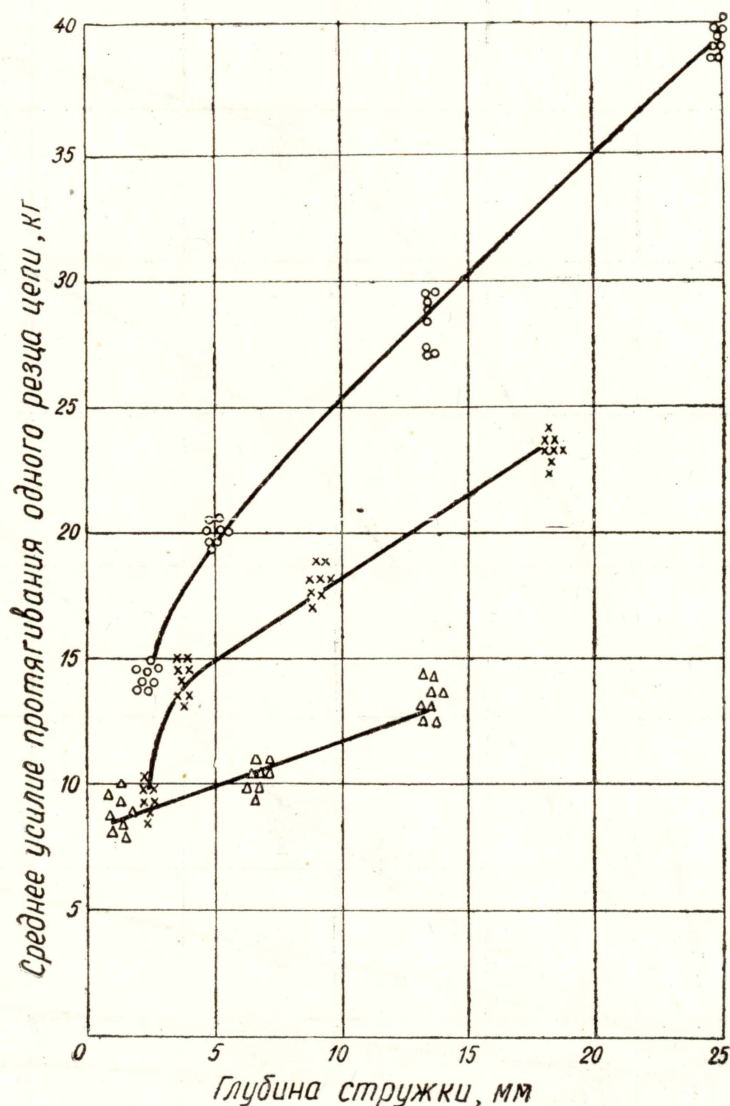


Рис. 3. Зависимость усилия протягивания одного резца цепи от глубины стружки при скоростях резания: $\circ$ — 2,3 м/сек; $\times$ — 3,4 м/сек; Δ — 5,4 м/сек.

не щели, прорезаемой в грунте 1,6 м и среднем числе резцов, находящихся в контакте с грунтом — 13 шт.

Крутящий момент на валу приводной звездочки уменьшается с увеличением скорости резания при одной и той же скорости подачи. Это происходит в связи с уменьшением глубины стружки, срезаемой резцом. При скорости резания 0,43 м/сек и подаче машины 180 м/час зафиксированы наибольшие величины крутящих моментов, достигающие 500—600 кгм. Скоростям резания 1,0—1,3 м/сек, наиболее часто применяемым в баровых машинах, соответствуют крутящие моменты, составляющие 200—450 кгм.

Наиболее заметное изменение величины крутящего момента наблюдается с увеличением скорости резания до 3 м/сек. Дальнейшее увеличение скорости резания не оказывает существенного влияния на величину крутящего момента.

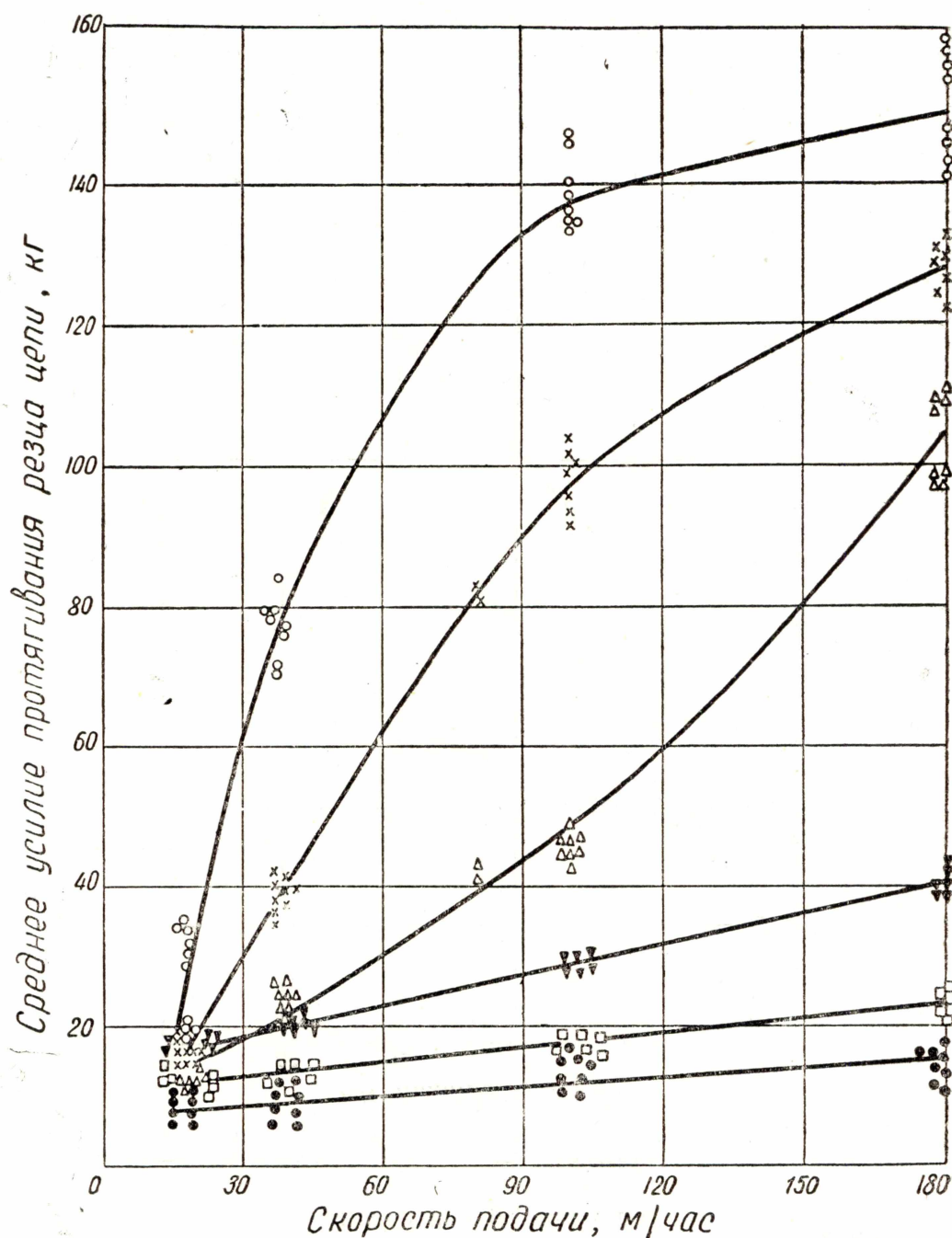


Рис. 4. Зависимость среднего усилия протягивания одного резца цепи от скорости подачи при скоростях резания: ○ — 0,43 м/сек; × — 0,78 м/сек; △ — 1,31 м/сек; ▼ — 2,3 м/сек; □ — 3,4 м/сек; ● — 5,4 м/сек.

Следует отметить, что с увеличением скорости резания свыше 2,3 м/сек величины крутящих моментов при скоростях подачи 18,8 м/час, 33 м/час, 95 м/час различаются незначительно (рис. 5).

Скорость резания оказывает влияние и на мощность, необходимую для разрушения мерзлого грунта и транспортирования штыба (рис. 6).

При скоростях подачи землерезной установки 18,8 м/час и 33,0 м/час и повышении скорости резания от 0,43 м/сек до 2,4 м/сек мощность, расходуемая на резание и транспортировку грунта, увеличивается примерно в 2 раза. Дальнейшее увеличение скорости резания до 5,4 м/сек не приводит к существенному изменению мощности, расходуемой режущим органом. При скорости подачи 95 м/час не наблюдается значительных

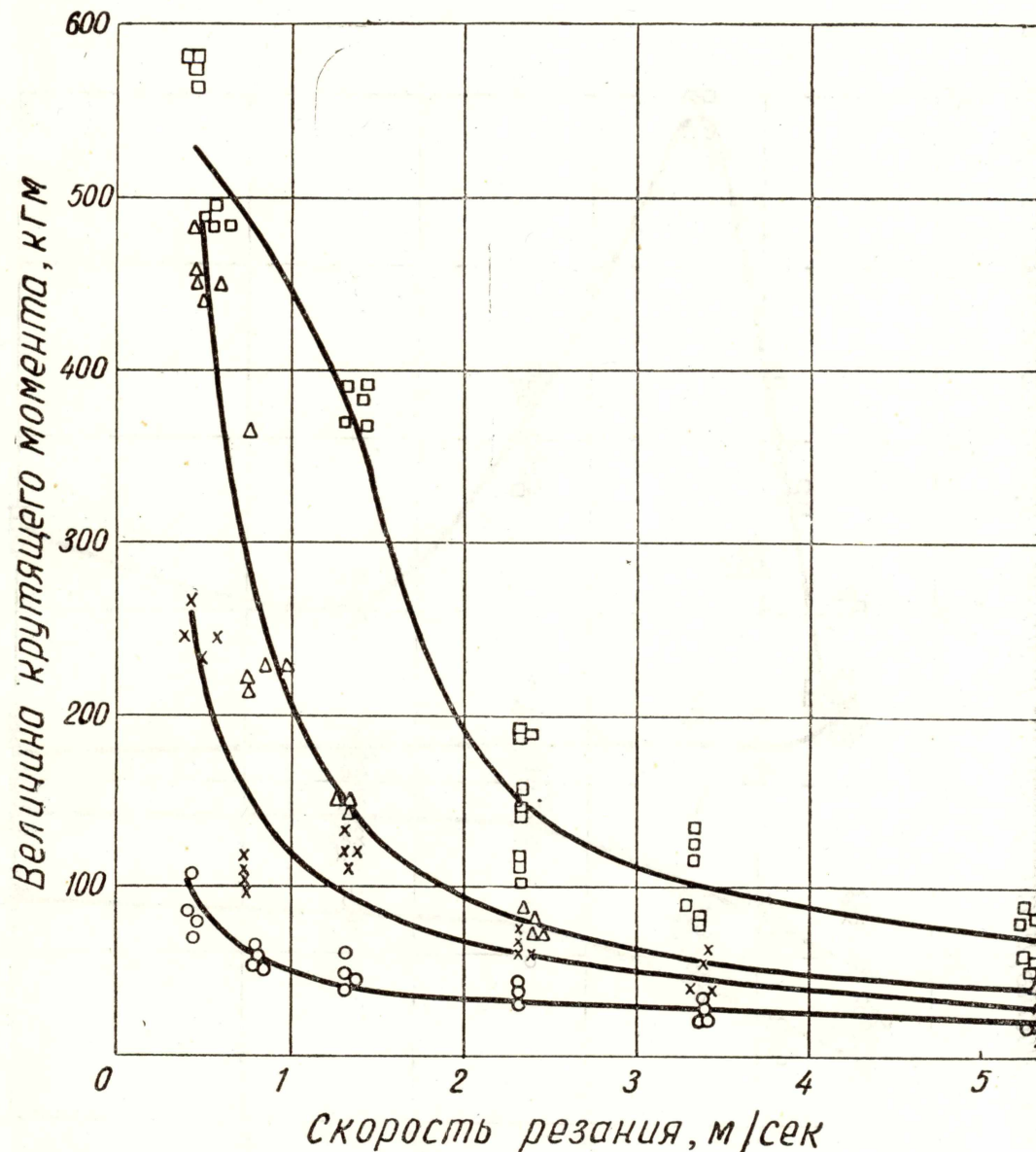


Рис. 5. Зависимость величины крутящего момента от скорости резания при скоростях подачи: О — 18,8 м/час; X — 33 м/час; Δ — 95 м/час; □ — 180 м/час.

изменений в расходе мощности при увеличении скорости резания от 0,43 до 5,4 м/сек.

Для подачи машины в 180 м/час характерна иная картина изменения расхода мощности на резание и транспортирование мерзлого грунта в зависимости от скорости резания. Увеличение скорости резания от 0,43 до 1,3 м/сек приводит к резкому увеличению мощности (примерно в 2 раза). Этот участок кривой соответствует таким стружкам, глубина которых больше вылета зубка из кулака цепи. Дальнейшее повышение

скорости резания до 3,4 м/сек снижает расходуемую на резание мощность тоже примерно в 2 раза, а при скорости резания 5,4 м/сек мощность снова несколько возрастает, но не существенно.

Увеличение скорости резания свыше 1,3 м/сек при скорости подачи 180 м/час позволило уменьшить затраты мощности. Происходит это из-за того, что при скорости резания больше 1,3 м/сек снимаемая каждым

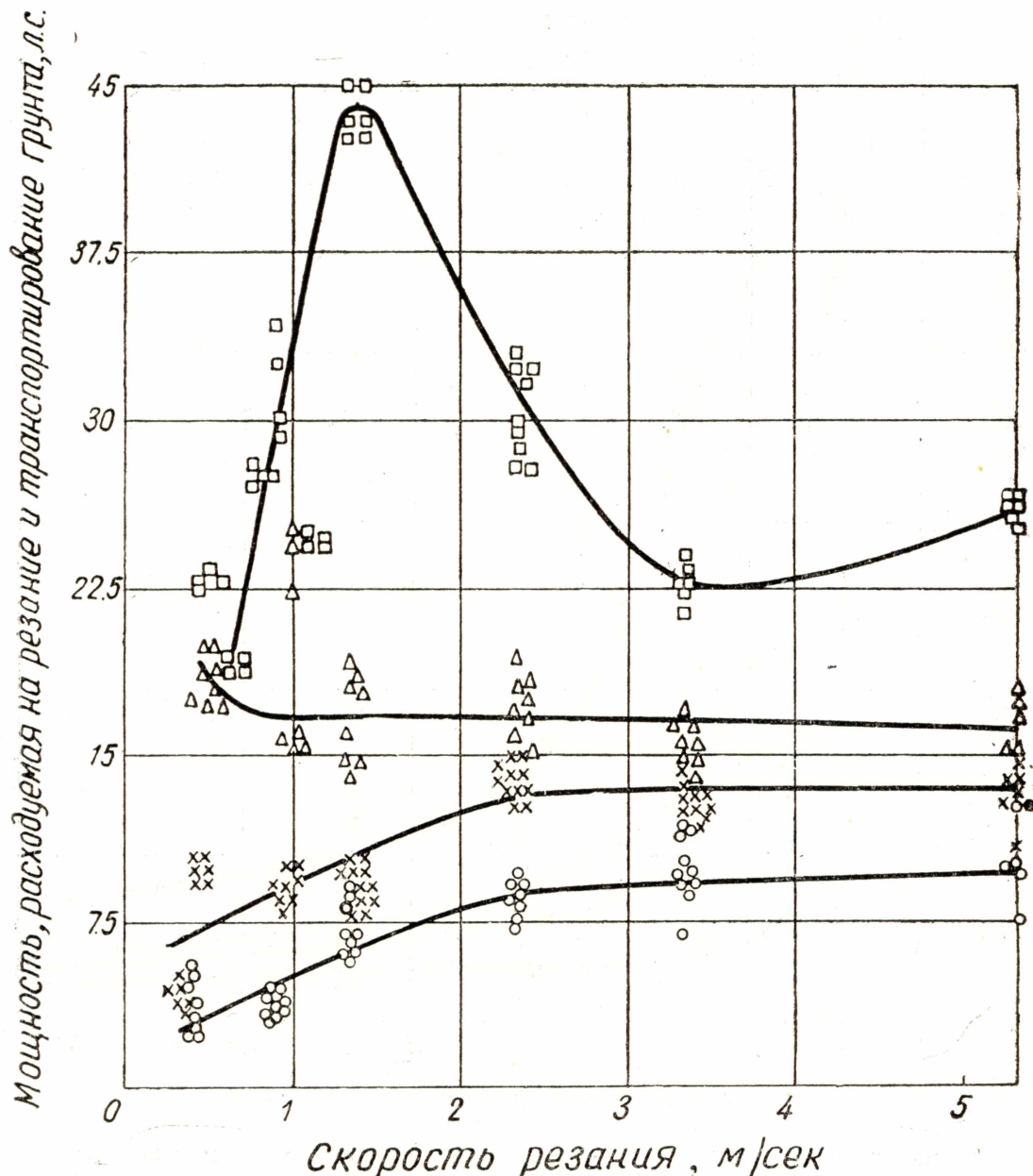


Рис. 6. Зависимость мощности, расходуемой на разрушение и транспортирование грунта от скорости резания при скоростях подачи: ○ — 18,8 м/час; × — 33 м/час; △ — 95 м/час; □ — 180 м/час.

резцом стружка по глубине примерно равна части резца, выступающей из кулака (рис. 1).

С увеличением скорости подачи во всех случаях увеличивается мощность, необходимая для привода режущего органа (рис. 7). При скоростях подачи машины 60 м/час затраты мощности на привод барового

рабочего органа составляют до 22 л. с. Путем подбора более целесообразных скоростей резания необходимую мощность можно уменьшить до 13—15 л. с., то есть на 30—40%. При мощности привода режущей части 25—35 л. с. можно прорезать в мерзлом грунте врубовые щели глубиной 1,6 м со скоростью подачи машины до 180 м/час. Это целесообразно осуществлять при скоростях резания порядка 3—3,5 м/сек.

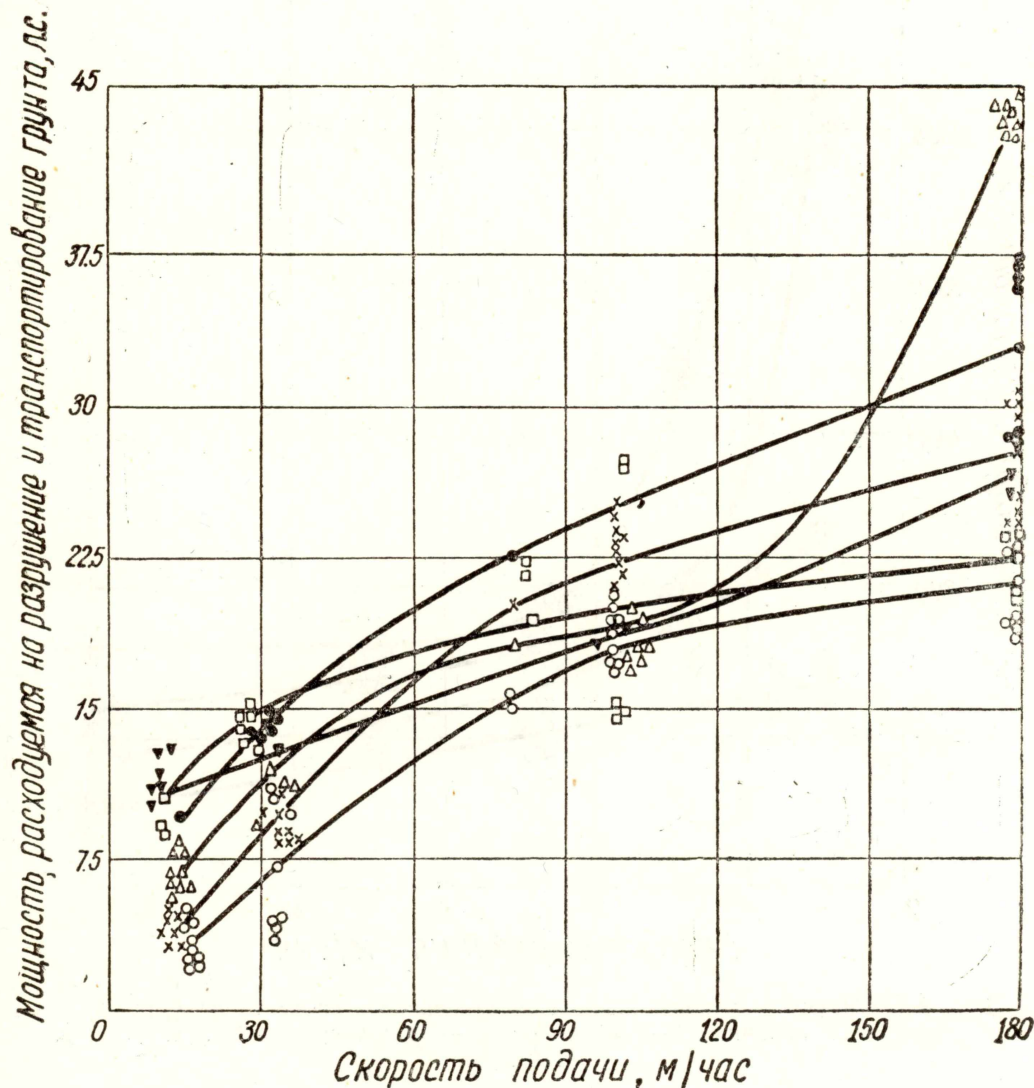


Рис. 7. Зависимость мощности, расходуемой на разрушение и транспортирование измельченного грунта от скорости подачи при скоростях резания:
 ○ — 0,43 м/сек; × — 0,78 м/сек; △ — 1,31 м/сек; ● — 2,3 м/сек;
 □ — 3,4 м/сек; ▼ — 5,4 м/сек.

На рис. 8 показана зависимость сопротивления перемещению барового исполнительного органа, которое условно названо усилием подачи установки, от скорости резания. Усилие подачи значительно изменяется в зависимости от скорости резания и скорости подачи. Наиболее значительные усилия подачи необходимы при скорости резания до 2,0 м/сек. С увеличением скоростей резания свыше 2,0 м/сек для достижения необходимой производительности прорезания щелей в мерзлом грунте требуются значительно меньшие усилия подачи. В этом случае даже для таких больших скоростей подачи как 180 м/час необходимые уси-

лия подачи не превышают 800 кг. Это обстоятельство представляет значительный интерес. Оно указывает на то, что можно широко применять шасси обычных автомобилей и колесных тракторов для создания баровых землерезных машин.

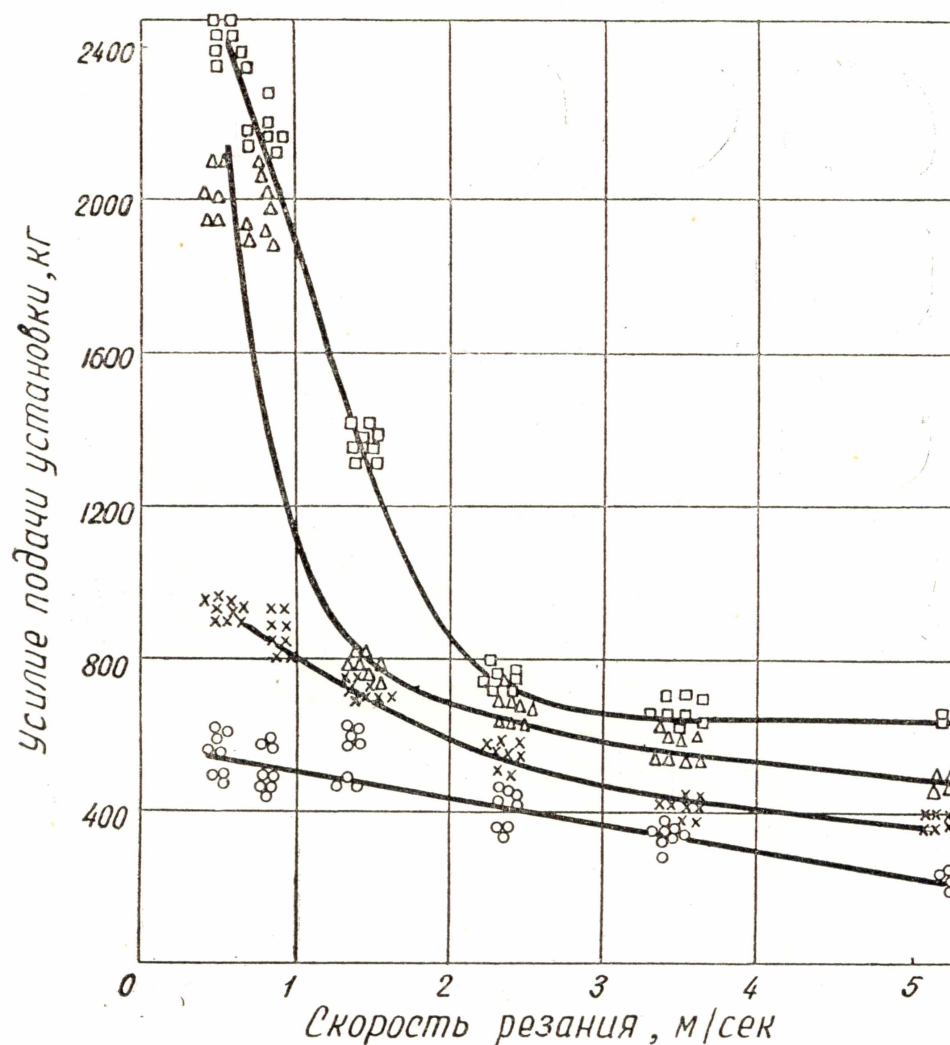


Рис. 8. Зависимость усилия подачи установки от скорости резания при скоростях подачи: ○ — 18,8 м/час; × — 33 м/час; △ — 95 м/час; □ — 180 м/час.

Следует отметить, что указанные выше зависимости построены по усредненным данным, полученным при промерзании грунта на глубину от 0,7 до 1,5 м, при температурах воздуха от -8 до -26° . При этом плотность мерзлого грунта, характеризуемая числом ударов, необходимых для внедрения ударника ДорНИИ, составляла от 10 до 660. Поэтому сделанные выводы в некоторой мере могут быть основой для рекомендаций по усовершенствованию и созданию новых баровых машин для резания мерзлых грунтов.

В частности, можно сделать выводы о том, что большинство созданных до настоящего времени баровых землерезных машин работает на нерациональных режимах. Это не позволяет полезно использовать их мощность для достижения высокой производительности. При рациональных режимах работы для достижения скоростей прорезания врубной

щели до 180 м/час необходимая мощность привода режущей части не превышает 35 л. с. Если учесть, что при таких режимах на подачу машины необходимо затратить дополнительно 4—5 л. с., то высокопроизводительные однобаровые машины можно создавать на базе тракторов, траншейных экскаваторов и автомашин с мощностью привода 50—55 л. с. Их производительность может превысить в 2—3 раза производительность существующих землерезных машин, созданных даже на базе таких мощных тракторов, как С-80 и С-100. Основной причиной низкой производительности баровых землерезных машин, созданных на базе тракторов типа С-100, даже имеющих ходоуменьшители и гидравлические механизмы для заводки бара, является наличие низких скоростей резания, что не позволяет полезно использовать мощность привода машин. Для наиболее целесообразного использования мощности привода подобных машин скорости движения режущих цепей следует увеличить до 2,5—3,5 м/сек. Окончательные рекомендации по этому вопросу следует дать после исследования нагрузок на цепь при различных скоростях резания с учетом динамических составляющих.

Однобаровые машины могут успешно создаваться на базе гусеничных и колесных тракторов небольшой мощности (20 л. с.). Такие машины найдут применение при небольших объемах работ. Скорости движения режущих цепей у таких машин следует иметь порядка 2—3 м/сек.

При изыскании возможности дальнейшего увеличения производительности баровых землерезных машин следует провести поисковые работы по увеличению скоростей подачи машин путем изменения конструкции резцов и их расположения на режущей цепи. В частности, следует опробовать в работе пяти- и трехлинейные цепи с широкими резцами, режущие цепи со скребками, расположенными последовательно друг за другом и попеременно с резцами. Видимо, будет целесообразно применять, например, такие цепи, у которых первый кулак несет центральный резец, второй кулак — два крайних резца, третий кулак — скребок. Высота скребка может быть несколько меньшей, чем высота резцов. Возможно, что скребок следует делать конусным или снабжать его одним или несколькими резцами.

Опыт работы с различными цепями следует провести при резании как мерзлого грунта, так и талого грунта, твердых глин, известняка, каменного угля.

ЛИТЕРАТУРА

1. О. Д. Алимов, И. Г. Басов. Землерезные установки на базе экскаваторов ЭТУ-353. Механизация строительства, № 9, 1963.
2. О. Д. Алимов, И. Г. Басов, З. М. Пратусевич. Резание мерзлого грунта установкой УРМГ-60. ЦБТИ и НТО Стройиндустрия, Томск, 1962.
3. А. Н. Зеленин. Разрушение мерзлых грунтов резанием, ударом и вибрацией. ЦИНТ и АМ, серия IV, Москва, 1962.
4. В. Д. Абезгауз, М. И. Гальперин. Разработка мерзлых грунтов при механизированном рытье траншей. Гостехиздат, Москва, 1962.
5. Т. В. Миклашевская. Основы направлений в технике разработки мерзлых грунтов. ВИНТИ, Москва, 1960.
6. В. А. Штоббе, Ю. В. Трояновский. Применение двухбаровой машины РМГУ-2 для рыхления мерзлого грунта.
7. О. Д. Алимов, И. Г. Басов, Ф. Ф. Зелингер, В. Г. Юдин. Методика исследования режимов резания мерзлых грунтов. Статья в данном сборнике.