

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ГРУНТОМ КЛИНОВИДНЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ С БОКОВЫМИ УСТУПАМИ

Цель и методика исследований. Целью экспериментальных исследований на стенде рассмотренной конструкции было выяснение физической сущности процесса взаимодействия с грунтом плоских клиньев с боковыми уступами для создания рациональной его конфигурации. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи [1, 2, 3, 4, 5]:

- создать физические модели клиньев различной конфигурации с боковыми уступами;
- провести экспериментальные исследования по внедрению плоских клиньев рассмотренной конфигурации в грунт и выяснить характер их взаимодействия со средой;
- установить влияние углов наклона боковых граней, прочности грунта, глубины внедрения и т.п. на изменение площади трения, силовых и энергетических параметров процессов;
- получить рекомендации по рациональному количеству ступеней и другим параметрам.

Стенд для исследования процесса внедрения в грунт клиньев с боковыми уступами.

Стенд включает грунтовый контейнер 1, передняя стенка 2 у которого выполнена из прозрачного материала для наблюдения за процессом, корпус стойки 7, модель клина 3, крепящуюся к штоку 4. В верхней части шток 4 соединен с кольцевым тензозвеном 5. Управление штоком 4 обеспечивается с помощью рычага 9. В качестве измерительного устройства, регистрирующего сопротивление грунта внедрению плоских клиньев в грунт, использован прибор ИСД-3 (рис.1, 2) [6, 7, 8].

Работа на данном стенде осуществляется следующим образом. Внутри грунтового контейнера 1 помещают образец мерзлого грунта или образец эквивалентного материала, например, в виде парафина. На шток 4 после этого устанавливают модель исследуемого клина 3. Далее включают прибор ИСД-3, а затем через рычажную систему с помощью рычага 9 обеспечивают нажатие на шток 6, тензозвено 5, шток 4. Это приводит к внедрению модели клина 3 в грунт с определенным усилием, конечное значение которого фиксируется прибором ИСД-3. После окончания внедрения также с помощью рычажной системы

клин 3 извлекается из грунта, а далее готовится следующий образец грунта для внедрения другого типа клина.

Движение модели плоского клина 3 у прозрачной стенки 2 обеспечивает возможность

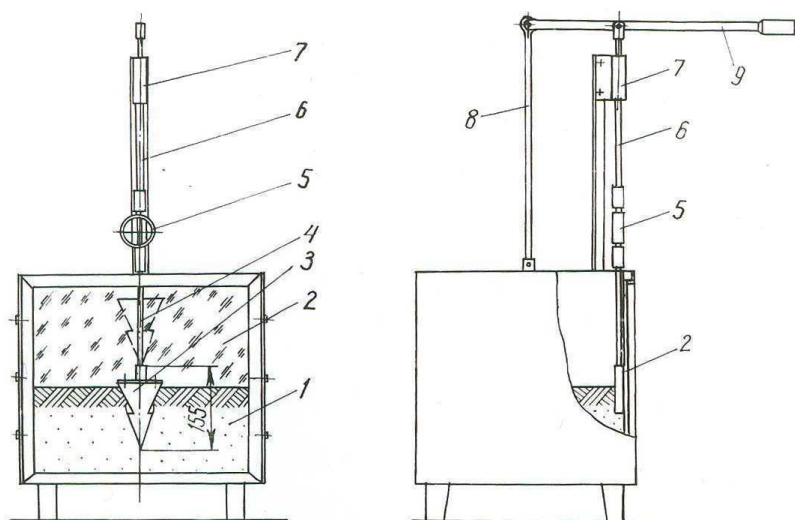


Рис. 1. Схема станда для исследования процесса внедрения плоских клиньев с боковыми уступами в грунт: 1 – грунтовой контейнер; 2 – стекло; 3 – модель клина; 4 – шток; 5 – кольцевое тензозвено; 6 – шток; 7 – корпус стойки; 8 – тяга; 9 – рычаг.

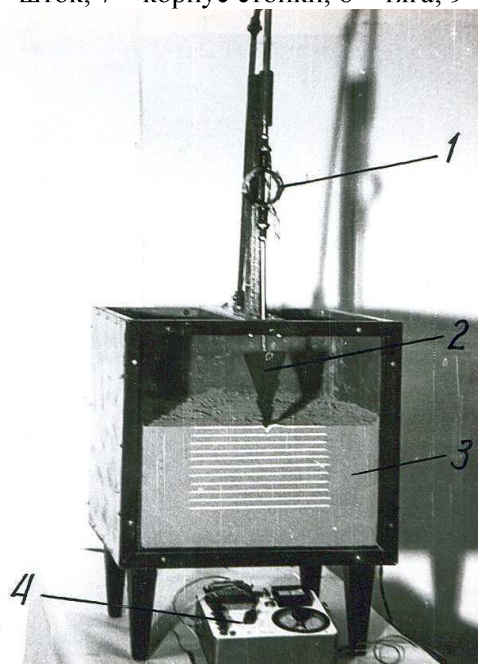


Рис. 2. Общий вид станда для исследования процесса внедрения плоских клиньев с боковыми уступами в грунт: 1 – кольцевое тензозвено; 2 – модель клина; 3 – грунтовой контейнер; 4 – прибор ИСД-3.

визуально наблюдать за процессом взаимодействия рабочего органа со средой, фотографировать процесс и т.п.

Исследования по внедрению в грунт плоских клиньев с боковыми уступами на данном стенде проводились как сравнительные с клиньями традиционного исполнения.

Для решения поставленной цели и задач исследования были изготовлены клинья различной конфигурации (рис. 3). В основу создания различных клиньев был положен принцип изменения количества боковых уступов с варьированием углов наклона боковых граней. При этом фиксировали конечное максимальное значение сопротивления

грунта внедрению, высоту зависания материала на боковых гранях против уступов, глубину внедрения.

Самостоятельным этапом исследований на данном стенде было установление качественной картины процесса взаимодействия клиньев различной конфигурации рассматриваемого типа с грунтом. Для этого внутрь грунта при формировании образца помещали цветные слои из мела. Это позволило создать грунт с послойно-окрашенной структурой. Внедрение клиньев в грунт с послойно-окрашенной структурой обеспечивает наблюдение уплотненной зоны грунта и область распространения напряженного его состояния по мере погружения клиньев в грунт.

Результаты исследований. Исследование процесса внедрения клиньев в грунт.¹ Этот этап исследований проводился в основном на грунтах типа уплотненный суглинок, глина с послойно-окрашенной структурой. Выполнялись также аналогичные опыты и на парафине. В результате исследований получены фотограммы процесса внедрения в послойно-окрашенный грунт клиньев как традиционного исполнения, так и с боковыми уступами для различного количества боковых ступеней, а также для клиньев с асимметричной конфигурацией. Для клиньев традиционного типа (рис. 4) установлено, что по мере погружения клина на боковых поверхностях увеличивается напряжение грунта, о чем свидетельствуют искривленные цветные полосы. Максимальное напряжение достигнуто примерно на глубине $(0,4 \div 0,6)H$. Цветные слои на этой глубине наиболее деформированы. Трение грунта о боковые грани сопровождалось по всей высоте клина.

Для клиньев с боковыми уступами процесс взаимодействия со средой по напряженному состоянию практически идентичен, как и для клина традиционной конструкции (рис. 4 - 9). Однако против боковых уступов, взаимодействующих со средой отсутствует на некоторой высоте взаимодействие поверхности клина с грунтом. На этом участке образовано так называемое зависание грунта, которое наблюдается для всех типов клиньев с боковыми уступами (рис. 5 - 9). Трение грунта на этих участках отсутствует, а напряженное состояние одинаково с клином традиционного исполнения. На основании полученных фотограмм произведен анализ процесса напряженного состояния грунта для клиньев различной конфигурации (рис. 10), а также количественно получены значения для величин зависания грунта на боковых уступах. По результатам указанных замеров построены соответствующие графики.

Исследование влияния угла наклона боковых уступов на изменение высоты зависания грунта. Наличие прозрачной боковой стенки на стенде позволило и количественно замерами фиксировать высоту зависания материала a против боковых уступов в зависимости от угла наклона β . По результатам этих измерений построены графики (рис.11). Угол на-

¹ В экспериментальных исследованиях принимали участие инж. С.В. Шатов и инж. В.И. Осипчук.

клона β изменялся в пределах от 35° до 50° . При этом установлено, что с повышением угла наклона боковых граней высота зависания a возрастает для клиньев с различным количеством боковых уступов. Полученные зависимости позволяют также сделать вывод, что характер изменения высоты зависания от угла наклона боковых граней для различного количества боковых уступов примерно одинаков, но с увеличением количества уступов высота зависания a уменьшается. Общая же высота размера a на уступах с увеличением количества ступеней увеличивается.

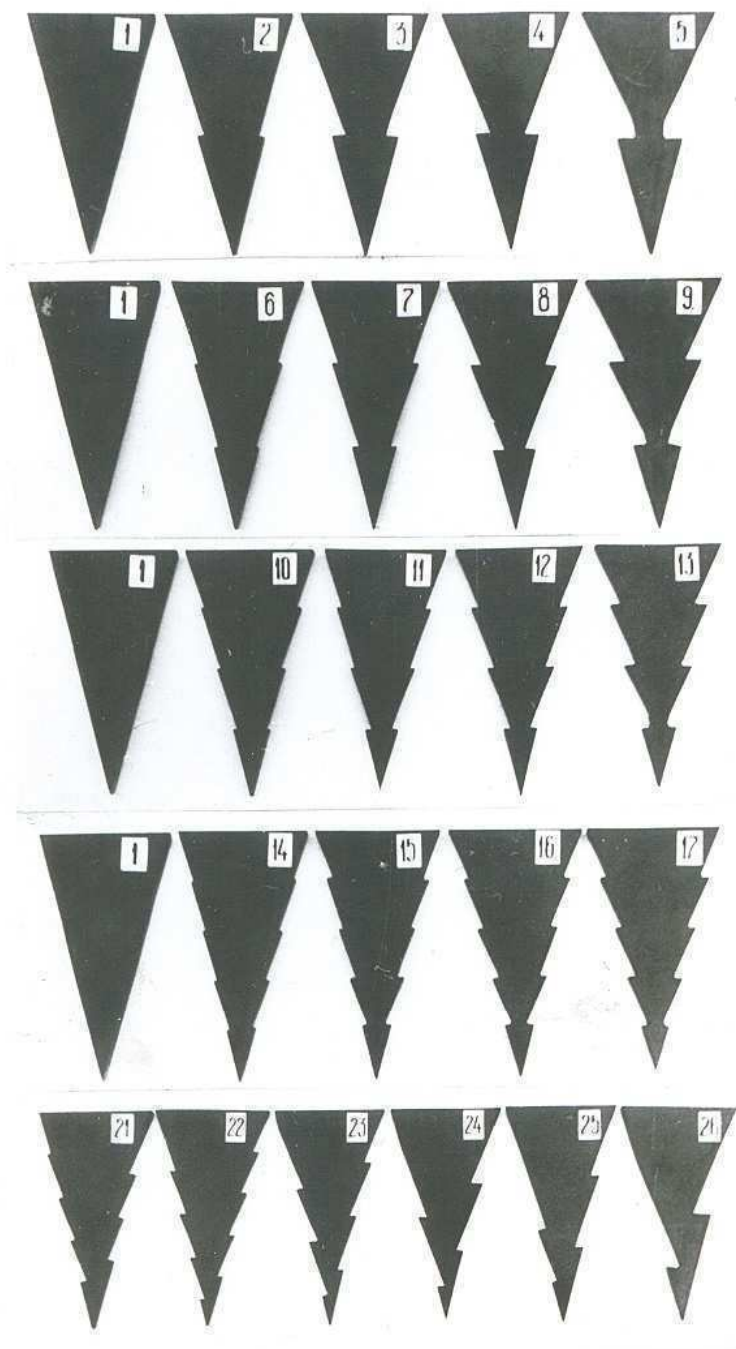


Рис. 3. Клиновидные рабочие органы (экспериментальные модели).

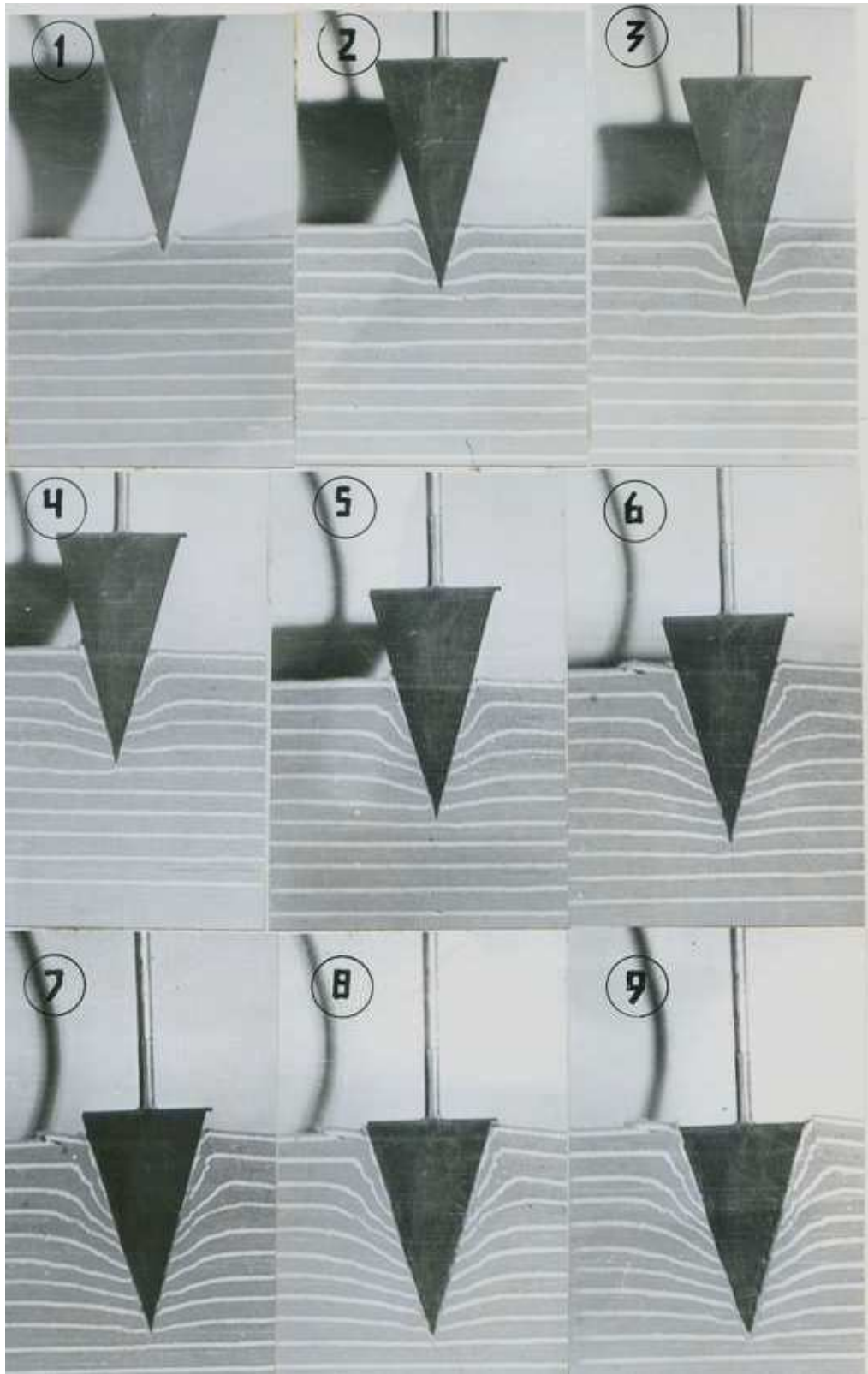


Рис. 4. Фотограмма процесса внедрения в послойно окрашенный грунт клина традиционного типа с углом заострения $\alpha=30^\circ$.

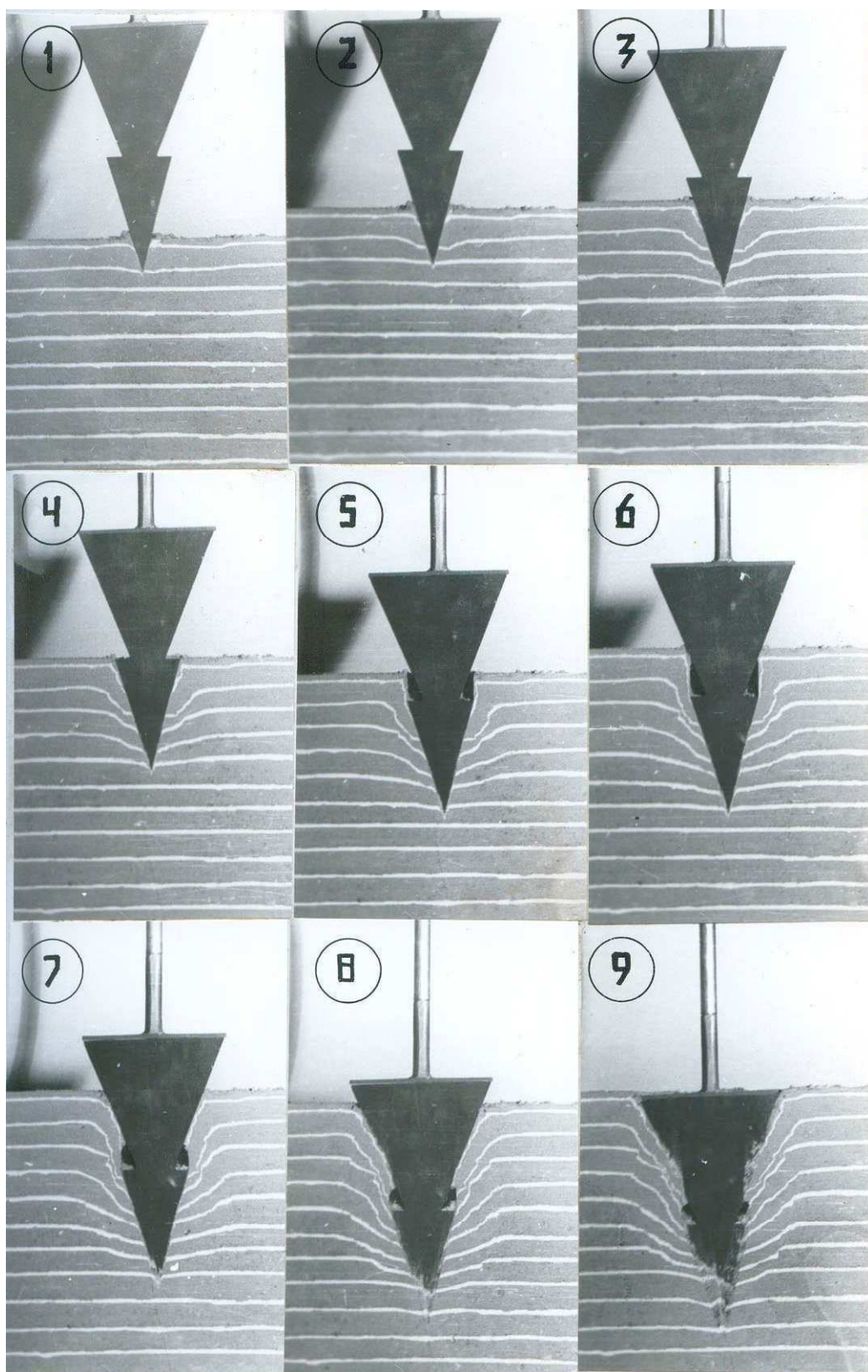


Рис. 5. Фотограмма процесса внедрения в послойно окрашенный грунт клина с боковыми уступами ($m=1$; $\beta=45^\circ$).

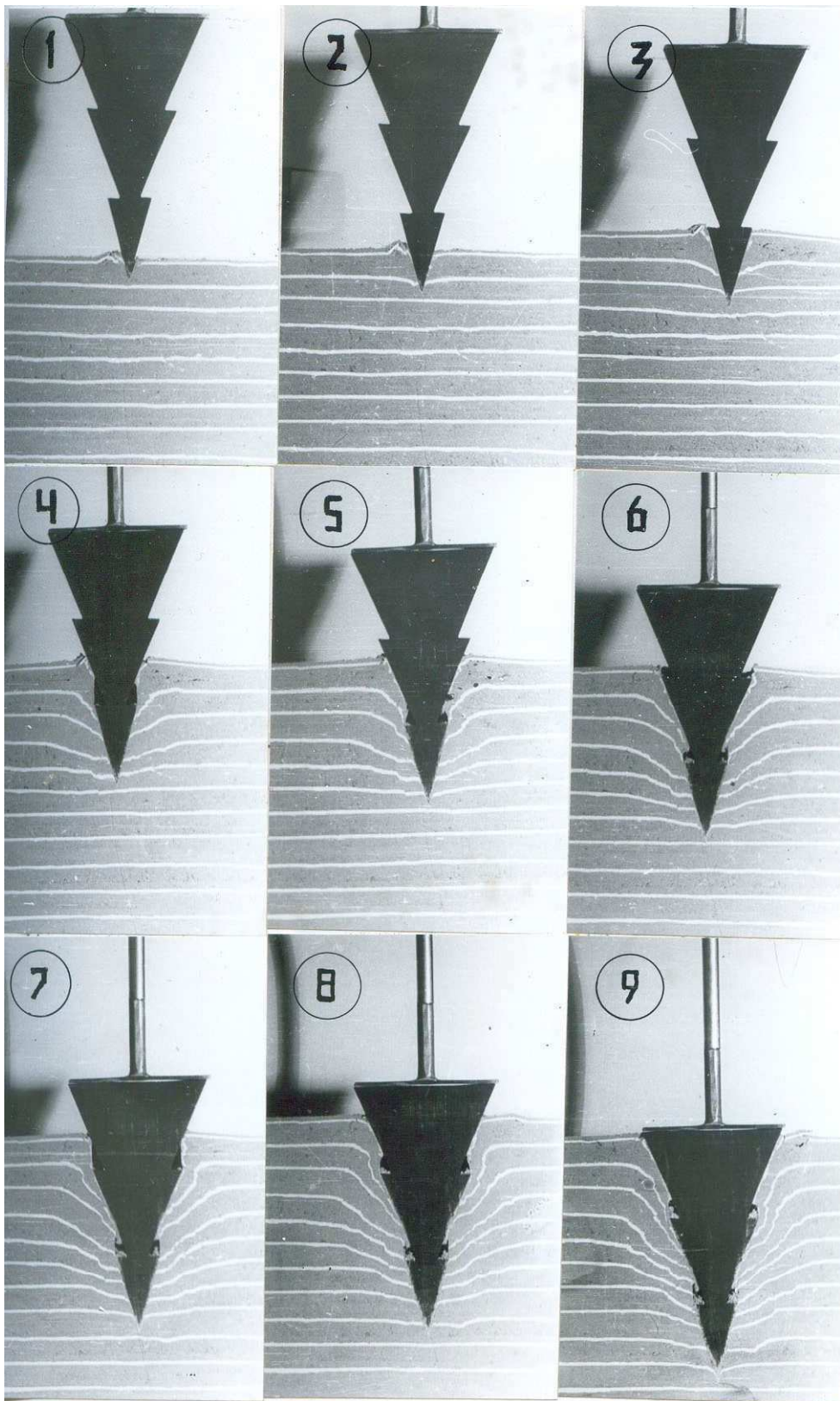


Рис. 6. Фотограмма процесса внедрения в послойно окрашенный грунт клина с боковыми уступами ($m=2$; $\beta=45^\circ$).

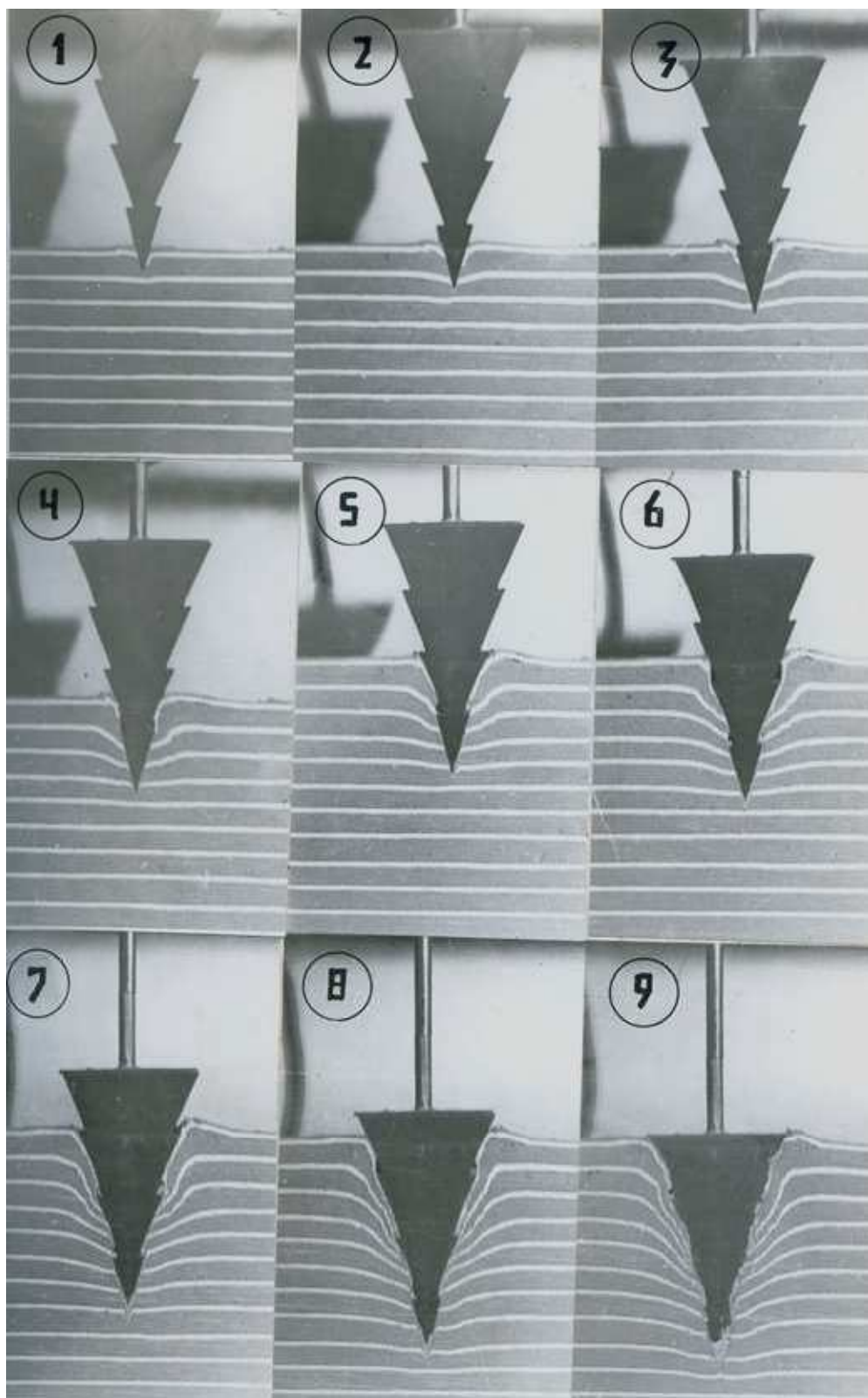


Рис. 7. Фотограмма процесса внедрения в послойно окрашенный грунт клина с боковыми уступами ($m=3$; $\beta=45^\circ$).

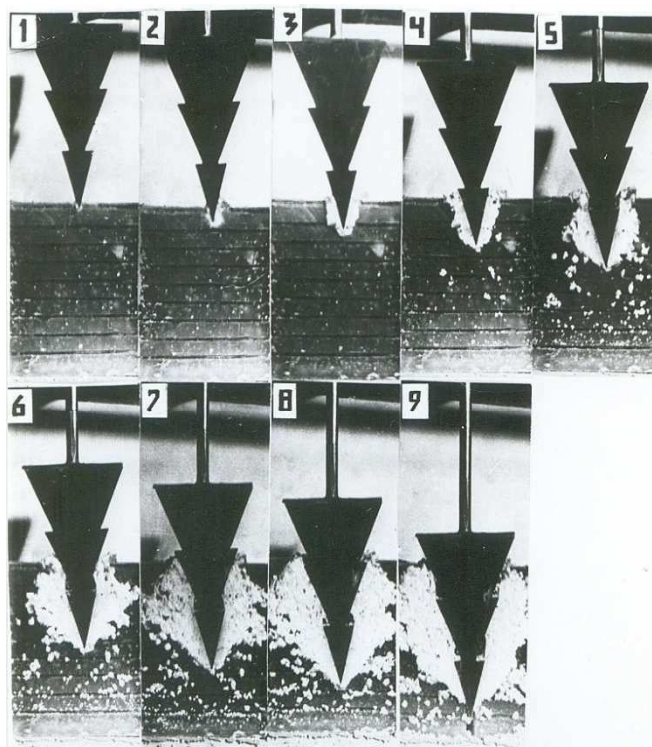


Рис. 8. Фотограмма процесса внедрения в парафин клина с боковыми уступами ($m=2; \beta=45^\circ$).

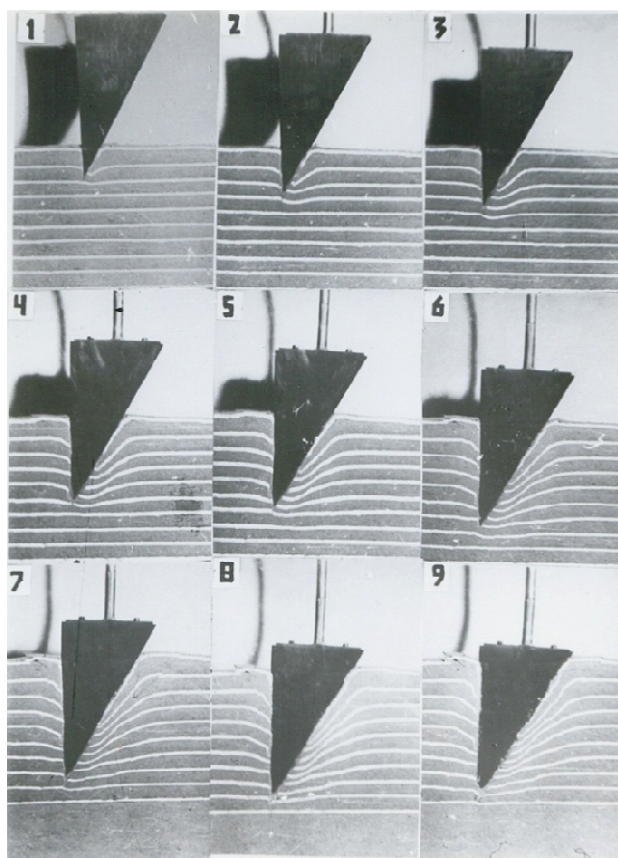


Рис. 9. Фотограмма процесса внедрения в послойно окрашенный грунт ассиметричного клина ($\alpha=30^\circ$).

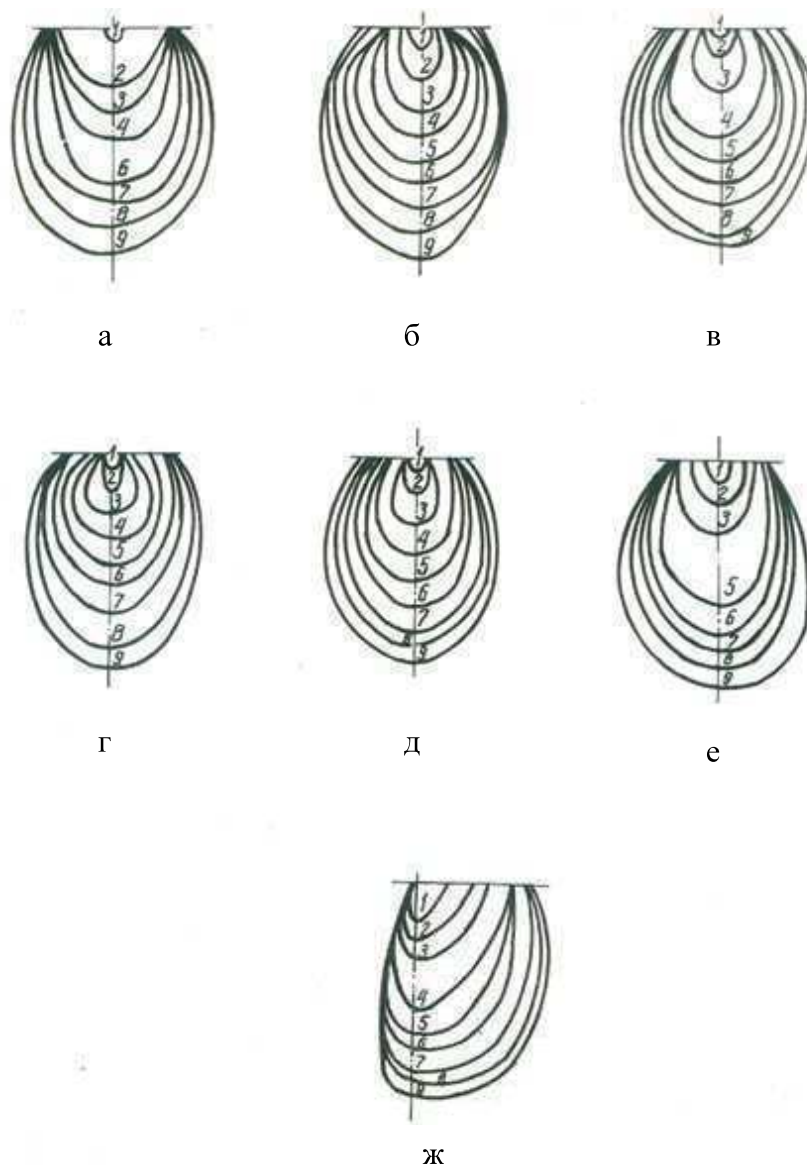


Рис. 10. Развитие деформаций в суглинке при внедрении клиньев: а) традиционного типа, $\alpha=30^\circ$; с симметричными уступами; б) $m=1$; $\beta=45^\circ$; в) $m=2$; $\beta=45^\circ$; г) $m=3$; $\beta=45^\circ$; д) $m=4$; $\beta=45^\circ$; е) с ассиметричными уступами, $m=2$; $\beta=45^\circ$; ж) ассиметричного типа, $\alpha=30^\circ$.

Изменение высоты зависания a от высоты ступени. Характер указанной зависимости для клиньев с различными углами наклона боковых граней β представлен на рис.11 - 14. Из данного графика видно, что единой закономерности с изменением высоты ступени h_c при различных углах наклона боковых граней не наблюдается. Примерно одинаковые закономерности с перегибами внизу имеют клинья с углами $\beta=35^\circ$ и $\beta=40^\circ$; то же с перегибами вверху имеют клинья с углами $\beta=45^\circ$ и $\beta=50^\circ$. Объясняется указанное различие тем, что с увеличением угла наклона боковых граней β изменяется и характер взаимодействия клиньев с разрушаемой средой, т.е. значение $\beta=45^\circ$ являются критическим, при котором происходит изменение характера внедрения клиньев в среду.

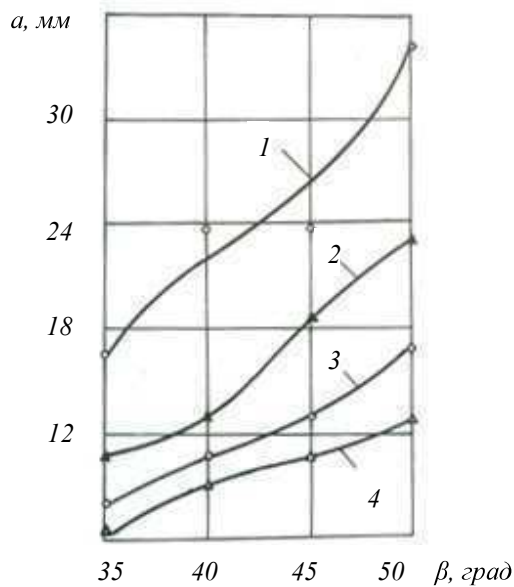


Рис. 11. Зависимость высоты завязания грунта a на боковых поверхностях клиньев с уступами от угла наклона β . 1 – $m=1$; 2 – $m=2$; 3 – $m=3$; 4 – $m=4$. Грунт – супесь. $C_{уд}=10-11$.

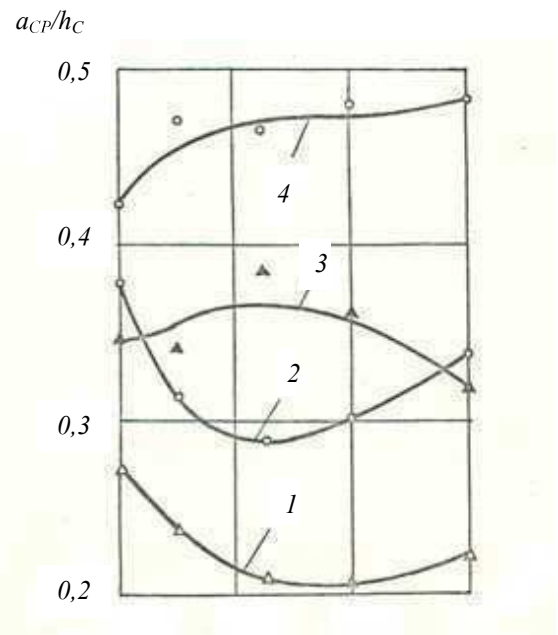


Рис. 12. Зависимость показателя a_{cp}/h_c от соотношения h_c/H для клиньев: 1 – $\beta=35^\circ$; 2 – $\beta=40^\circ$; 3 – $\beta=45^\circ$; 4 – $\beta=50^\circ$. Грунт – супесь. $C_{уд}=10-11$; $\omega=5-7\%$.

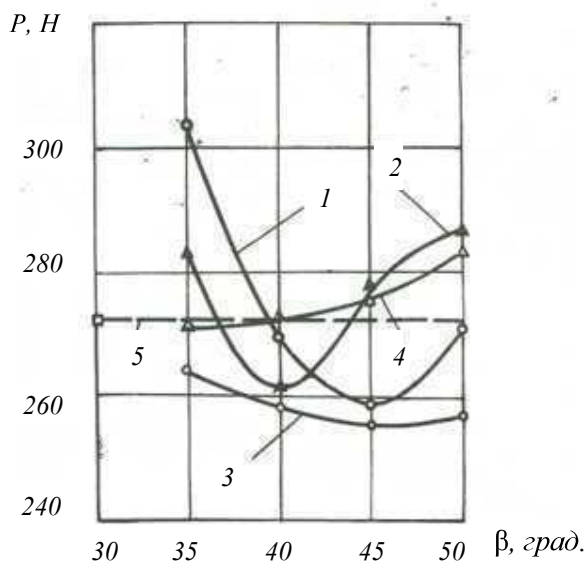


Рис. 13. Зависимость усилия внедрения P от угла наклона боковых уступов β и количества уступов m . 1 – $m=1$; 2 – $m=2$; 3 – $m=3$; 4 – $m=4$. Грунт – глина. $C_{уд}=25-30$; $\omega=7-9\%$; 5 – клин традиционной конструкции.

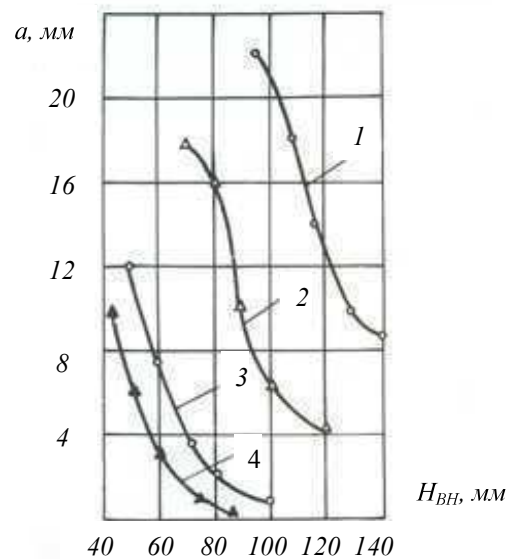


Рис. 14. Изменение высоты завязания грунта a на боковых поверхностях клиньев с уступами от глубины внедрения $H_{вн}$: 1 – $m=1$; 2 – $m=2$; 3 – $m=3$; 4 – $m=4$. Грунт – супесь. $C_{уд}=10-11$; $\omega=5-7\%$.

С увеличением глубины внедрения клиньев H высота уступов a уменьшается (рис. 14), что объясняется увеличением напряженности грунта. Это было установлено при исследованиях с внедрением клиньев в послойно-окрашенные грунты. Однако для клиньев с од-

ним и двумя уступами при глубине внедрения, соответствующей $H_{BH} \approx (0,1 \div 0,15)H$ высота размера a является наибольшей, что позволяет рекомендовать для клиньев указанное количество уступов.

Измерение сопротивления внедрению клиньев в грунт. Определение указанного сопротивления определялось для конечной стадии внедрения. Из приведенного графика по изменению сопротивления грунта внедрению клиньев от угла наклона боковых граней β (рис.13, 14) видно, что указанное сопротивление P для всех клиньев с боковыми уступами имеет минимальное значение и перегиб при значении угла $\beta \approx 40 \div 45^\circ$. Наименьшую энергоёмкость внедрения имеют клинья с количеством уступов $m=3$. Поэтому в дальнейшем этот клин использован при исследованиях в грунтах различной прочности (рис.15).

При этом установлено, что сопротивление грунтов внедрению клиньев с повышением прочности возрастает как для традиционного, так и с боковыми уступами (рис.15). Однако клин с боковыми уступами ($m=3$) имеет указанное сопротивление в среднем на 10÷12% меньше по сравнению с традиционным.

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Концентрация напряжений клиньями с боковыми уступами одинаковая по сравнению с клином традиционного исполнения. Наибольшая концентрация напряжений достигается на глубине $(0,8 \div 0,95) H_K$, где H_K - высота клина.

2. Уменьшение силовых и энергетических показателей по внедрению в грунт клиньев с боковыми уступами достигается за счет уменьшения площади трения из-за уступов и зависания против них материала.

3. Снижение сопротивления внедрению клиньев в грунт при количестве уступов $m=1 \div 3$ составляет в среднем 10÷12%. Рациональным следует считать клин с количеством уступов $m=2 \div 3$, $\beta=45^\circ$. Соотношение высоты ступени к общей высоте клина определяется зависимостью $h_C \approx (0,3 \div 0,4)H_K$.

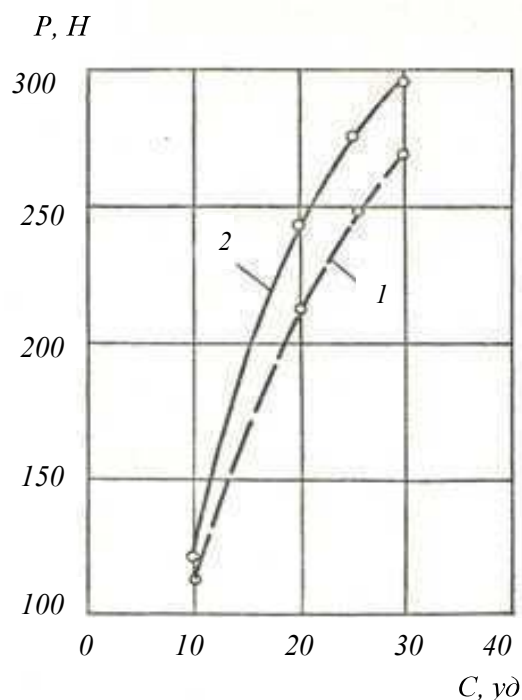


Рис. 7.17. Зависимость усилия внедрения P от плотности C . 1 – клин с боковыми уступами ($m=3$; $\beta=45^\circ$); 2 – клин традиционной конструкции. Грунт – глина. $\omega=7-9\%$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зеленин А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами. М., Машиностроение, 1968. – 376 с.
2. Зеленин А.Н., Баловнев В.И., Керов И.П. Машины для земляных работ. Машиностроение, М., 1975. – 424 с.
3. Ветров Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами. М.: Машиностроение, 1971. – 357 с.
4. Тимошенко В.К. Исследование процесса прокола грунтов при закрытой прокладке трубопроводов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. ДИСИ, Днепропетровск, 1969. – 148 с.
5. Федоров Д.И. Рабочие органы землеройных машин. Машиностроение, М., 1977. С. – 288 с.
6. Цытович Н.А. Механика грунтов. М., Высшая школа, 1979. – 272 с.
7. Машины для земляних робіт : Навч. посіб. / Л. А. Хмара, С. В. Кравець, В. В. Ничке та ін./ – Під заг. ред. проф. Л. А. Хмари та проф. С. В. Кравця. – Рівне – Дніпропетровськ – Харків. – 2010. – 557 с.
8. Отчет о научно-исследовательской работе № 376 «Внедрение предложений по интенсификации рабочих процессов разрушения прочных и мкрзлых грунтов». Научный руководитель и исполнитель Л.А. Хмара. г. Днепропетровск, ДИСИ, 1980, – 291 с.

УДК 621.879.328

Л. А. ХМАРА, докт. техн. наук, С. В. ШАТОВ, канд. техн. наук.

*Государственное высшее учебное заведение
“Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры”*

ВНЕДРЕНИЕ В ГРУНТ КЛИНОВИДНЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КОНУСНОГО ТИПА С БОКОВЫМИ УСТУПАМИ

Актуальность проблемы. Промышленное и гражданское строительство связано с выполнением земляных работ, в частности в прочных и мерзлых грунтах. Такие грунты обладают высокими прочностными и абразивными свойствами, что не позволяет их разрабатывать традиционными землеройными и землеройно-транспортными машинами. В