

Повышение эффективности щелевого дренажа путем обоснования режима работы щеледренажных машин

С.-С.Ш. Саая^{1а}, С.Н. Орловский^{2б}, С.Н. Долматов^{3с}

¹ Тувинский государственный университет, ул. Ленина, 36, Кызыл, Республика Тыва

² Красноярский государственный аграрный университет, пр. Мира, 90, Красноярск, Россия

³ Сибирский государственный университет науки и технологий им. М.Ф. Решетнёва,
пр. Мира, 82, Красноярск, Россия

^а sai-suu2014@yandex.ru, ^б orlovskiysergey@mail.ru, ^с pipinaskus@mail.ru

^а <https://orcid.org/0000-0002-2412-314X>, ^б <https://orcid.org/0000-0001-8904-834X>, ^с <https://orcid.org/0000-0002-1389-5894>

Статья поступила 19.10.2024, принята 02.11.2024

В статье приведены результаты полевых экспериментальных исследований. Цель работы — создание эффективной технологии прокладки дренажных щелей при осушении заболоченных земель как в летний, так и в зимний период. Результаты рассчитаны по данным хронометражных наблюдений за работой агрегата в течение 10 смен в летний и зимний периоды по каждой из технологий, норма времени которой является основанием для разработки технологических карт на строительство щелевого дренажа щеледренажным агрегатом данной модели и единых норм времени и оплаты труда на выполнение данного вида работ. Сравнительные данные по эффективности применения рассмотренных технологических схем для карты длиной 1 000 м и шириной 300 м (площадь 30 га) при расстоянии между дренами 30 м по схемам «от канала» и «челночная» представлены в таблице. Из этих данных следует, что наибольших затрат времени требует «перекрестная» схема дренирования. Схемы «от канала» и «челночная» при работе по мерзлomu торфу равноценны по затратам времени (28,2 и 28,5 ч на площадь 30 га). С ростом скорости движения до 1,0 и 1,5 км/ч «челночная» схема становится экономичнее по затратам времени на 15 и 31 % соответственно. Наивысший коэффициент технологичности имеет «перекрестная» схема, она же обеспечивает и наивысшую выработку, однако протяженность дрен по ней в 3,57 раза превышает требуемую. Трудоемкость дренирования по перекрестной схеме 1,6 чел. ч/га, по другим схемам — 0,53–0,61 чел. ч/га. Доказана эффективность осушительной системы лесопокрываемых земель с целью их интенсивной эксплуатации.

Ключевые слова: болота; осушение; дренаж; щели; технологии.

Increasing the efficiency of slot drainage by justifying the operating mode of slot drainage machines

S.-S.Sh. Saaya^{1а}, S.N. Orlovskiy^{2б}, S.N. Dolmatov^{3с}

¹ Tuvan State University; 36, Lenin St., Kyzyl, Republic of Tuva

² Krasnoyarsk State Agrarian University; 90, Mira Ave, Krasnoyarsk, Russia

³ Reshetnev Siberian State University of Science and Technology; 82, Mira Ave., Krasnoyarsk, Russia

^а sai-suu2014@yandex.ru, ^б orlovskiysergey@mail.ru, ^с pipinaskus@mail.ru

^а <https://orcid.org/0000-0002-2412-314X>, ^б <https://orcid.org/0000-0001-8904-834X>, ^с <https://orcid.org/0000-0002-1389-5894>

Received 19.10.2024, accepted 02.11.2024

The article presents the results of field experimental studies. The purpose of the work is to create an effective technology for laying drainage slots when draining wetlands, both in summer and winter. The results are calculated based on data from time-lapse observations of the operation of the unit for 10 shifts in summer and winter for each of the technologies, the time standard of which is the basis for the development of technological maps for the construction of slot drainage using a slot drainage unit of this model and uniform standards of time and wages for performing this type of work. Comparative data on the efficiency of using the considered process schemes for a map 1000 m long and 300 m wide (area of 30 hectares) with a distance between drains of 30 m according to the "from the channel" and "shuttle" schemes are presented in Table 1. It follows from the data in Table 1 that the "cross" drainage scheme requires the greatest time costs. The "from the channel" and "shuttle" schemes are equivalent in terms of time spent on frozen peat (28.2 and 28.5 hours per 30 ha area). With an increase in the speed of movement to 1.0 and 1.5 km/h, the "shuttle" scheme becomes more economical in terms of time spent by 15 and 31%, respectively. The "cross" scheme has the highest efficiency coefficient. It also provides the highest output, but the length of drains for it is 3.57 times greater than required. The labor intensity of drainage according to the cross scheme is 1.6 man-hours/ha, according to other schemes – 0.53-0.61 man-hours/ha. The efficiency of the drainage system of forested lands for their intensive exploitation has been proven.

Keywords: swamps; drainage; cracks; technologies.

Введение. В лесном и сельском хозяйстве осушение болот производится открытыми системами. На болотах, осушенных сетью открытых канав, верхний слой переувлажняется, что затрудняет обработку полей, снижает прирост древесины. Отрицательным фактором такого способа осушения является снижение коэффициента землепользования, дробление полей на мелкие участки.

Производительность техники при такой технологии производства работ невысокая, а затраты энергоресурсов велики ввиду высокой удельной энергоемкости технологического процесса. Прокладка осушительных канав на основной массе объектов производится одноковшовыми экскаваторами. Для обеспечения проходности они устанавливаются на щиты (стлани), которые во время работы переносятся на новые позиции при помощи того же экскаватора.

При экскаваторной прокладке осушительных канав возникают проблемы с разравниванием кавальеров, использование роторных канавокопателей в любом случае создает приподнятые приканавные участки, затрудняющие поверхностный сток. Выполненные в осушаемых лесах канавы нарушают пути миграции диких животных, ландшафты и экологию лесов, повышают пожарную опасность территорий.

Объекты и методы исследования. Среди разработанных в настоящее время конструкций осушительных систем наиболее перспективными для осушения заболоченных земель являются комбинированные системы, состоящие из разреженной до 350–400 м сети регулирующих каналов, дополненных щелевым дренажем.

Щелевой дренаж представляет собой вертикальные, вырезанные в торфяном грунте щели, которые обеспечивают прием атмосферных и грунтовых вод и отвод их в каналы или регулирующие дрены (рис. 1).

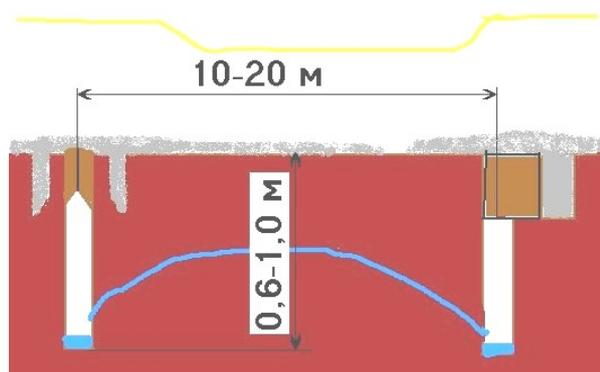


Рис. 1. Схема щелевого дренажа

Верхняя часть дрен закрывается на глубину, превышающую глубину лесохозяйственной обработки почвы (20–30 см). Подобные системы на два порядка дешевле открытых осушительных систем, не нуждаются в периодических уходах. Долговечность щелевых дрен составляет более 20 лет [6; 7]. Вырезанный из щели торф разбрасывается на полосе шириной 5–6 м слоем не более 5–6 см и не требует разравнивания. Размер карт при таком способе осушения достигает 100 га, что позволяет применять на них существующую лесохозяйственную технику без каких-либо ограничений.

При сборе данных для разработки технически обоснованных норм времени весь технологический процесс условно разбивается на элементы нормируемых затрат и технологических перерывов.

В результате обработки данных хроноряды получаем следующие данные: $T_{1\text{ средн}}$ — среднее время, затраченное на строительство одной продольной дрены, с; $V_{1\text{ средн}}$ — средняя скорость строительства продольных дрен, м/с.

Средняя скорость строительства продольных дрен $V_{1\text{ средн}}$ определяется по выражению:

$$V_{1\text{ средн}} = \frac{L_1}{T_{1\text{ средн}}}, \quad (1)$$

где L_1 — длина одной продольной дрены.

В результате обработки хроноряды получаем следующие данные: $T_{2\text{ средн}}$ — среднее время, затраченное на строительство одной поперечной дрены, с; $V_{2\text{ средн}}$ — средняя скорость строительства поперечных дрен, м/с.

Средняя скорость строительства поперечных дрен $V_{2\text{ средн}}$ определяется по выражению:

$$V_{2\text{ средн}} = \frac{L_2}{T_{2\text{ средн}}}, \quad (2)$$

где L_2 — длина одной поперечной дрены.

Длительности элементов технологических перерывов, выраженные в минутах и процентах, сводятся в таблицу длительности элементов технологических перерывов.

Производительность агрегата определяется по выражению:

$$P_{\text{час}} = \frac{K_1 \cdot L_1 + K_2 \cdot L_2}{T_1 + T_2 + T_3 + T_4}, \quad (3)$$

где K_1 — количество продольных дрен; K_2 — количество поперечных дрен; L_1 — длина одной продольной дрены, м; L_2 — длина одной поперечной дрены, м; T_1 — сумма времени, затраченного на строительство продольных дрен, ч; T_2 — сумма времени, затраченного на строительство поперечных дрен, ч; T_3 — сумма времени, затраченного на установку агрегата на трассу продольных дрен, ч; T_4 — сумма времени, затраченного на установку агрегата на трассу поперечных дрен, ч.

Коэффициент непрерывности технологического процесса определяется по выражению:

$$K_n = \frac{T_2 + T_1}{T_0}, \quad (4)$$

$$T_0 = \frac{K_1 \cdot L_1 + K_2 \cdot L_2}{V}, \quad (5)$$

где V — средняя скорость нарезания дрены, м/ч; $(T_2 + T_1)$ — сумма времени, затраченная на рабочий ход строительства щелевых дрен, ч; $(K_1 \cdot L_1 + K_2 \cdot L_2)$ — длина проложенных дрен, м.

Коэффициент использования агрегата в течение смены определяется по выражению:

$$K = \frac{100 \cdot T_5}{100}, \quad (6)$$

где T_5 — время, затраченное на перерывы, %.

С учетом коэффициента использования агрегата норма времени на 100 м строительства щелевой дрены определяется по выражению:

$$H_{BP} = \frac{1}{П \cdot К} \cdot 100, \text{ ч.} \quad (7)$$

Норма времени, рассчитанная по результатам хронометражных наблюдений за работой агрегата в течение 10 смен в летний и зимний периоды по каждой из

технологий, является основанием для разработки технологических карт на строительство щелевого дренажа агрегатом данной модели и единых норм времени и оплаты труда на выполнение данного вида работ.

Результаты исследования и их обсуждение. В настоящее время существуют три апробированные технологические схемы строительства щелевого дренажа — «от канала», «перекрестная» и «челночная».

По схеме «от канала» дрены нарезаются от канала до центра карты с одной и другой ее стороны (рис. 2).

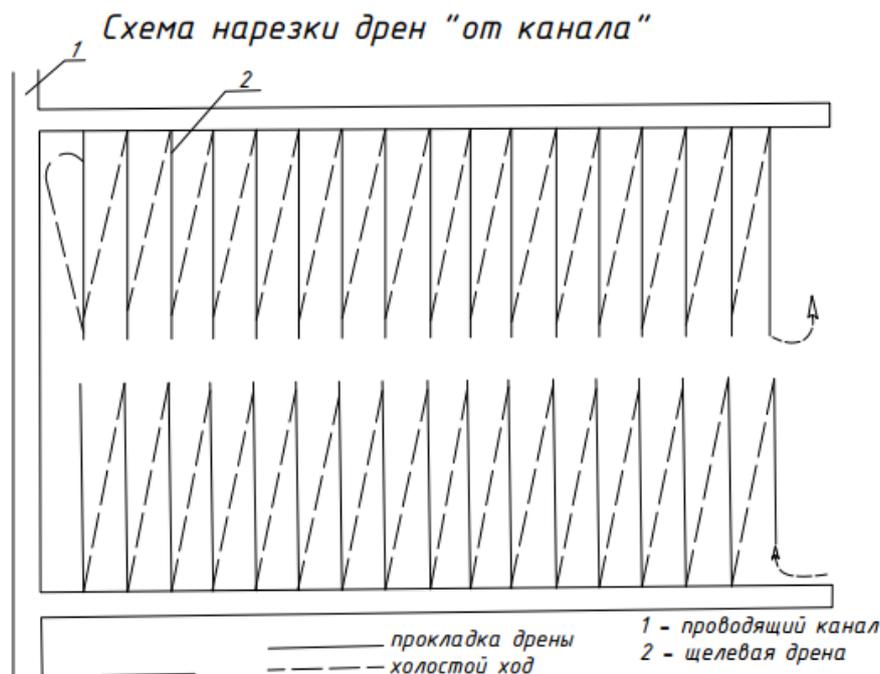


Рис. 2. Схема дренирования «от канала» в летний период

Рекомендуется смещение противоположных дрен на 3–4 м для разворота трактора с орудием. Схема максимально проста, однако характеризуется большой протяженностью холостых ходов агрегата (127 % от рабочих), что снижает коэффициент его использования. В случае даже незначительного уклона поверхности карты сток воды из дрен затруднен.

В то же время, зимой, при толщине снежного покрова 0,6–0,7 м, работа выполняется при расчистке трасс дрен от снега клином при поднятом в транспортное положение орудия и нарезке дренажных щелей орудием по расчищенной от снега трассе (рис. 3).

По предлагаемой Всероссийским научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации (ВНИИГиМ) «перекрестной» схеме (рис. 4) сначала прокладывают сеть продольных дрен по длине карты с междренными расстояниями 6–12 м.

Затем, когда они заполнятся водой на 30–40 см, прокладывают дрены от канала до центра карты с расстоя-

нием между ними 100–150 м. Заполнение дрен водой необходимо для предотвращения забивания пересекаемой щели грунтом [10].

Перекрестный дренаж, по данным ВНИИГиМ, повышает производительность труда на 57 % за счет сокращения времени на технологические передвижки машины [10]. При перекрестном дренировании залежи обеспечивается вынос на дневную поверхность до 500 м³/га нижних слоев торфа. Однако повышение производительности труда по перекрестной схеме дренирования обеспечивается на единицу длины выполненной дрены, но не на гектар. Трудоемкость ее строительства выше в 3,6 раза.

Разработка «челночной» схемы дренирования преследовала цель сократить до минимума холостой пробег агрегата, повысить коэффициент его технологического использования (рис. 5) [6; 7].

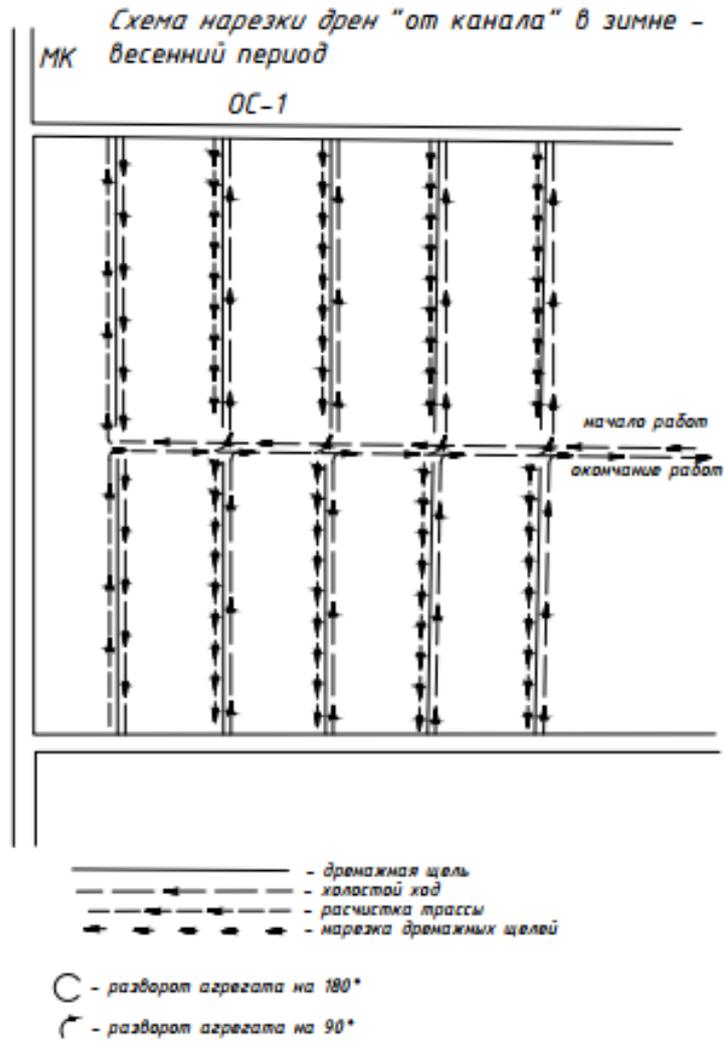


Рис. 3. Схема дренирования «от канала» в зимний период при толщине снега 0,6–0,7 м

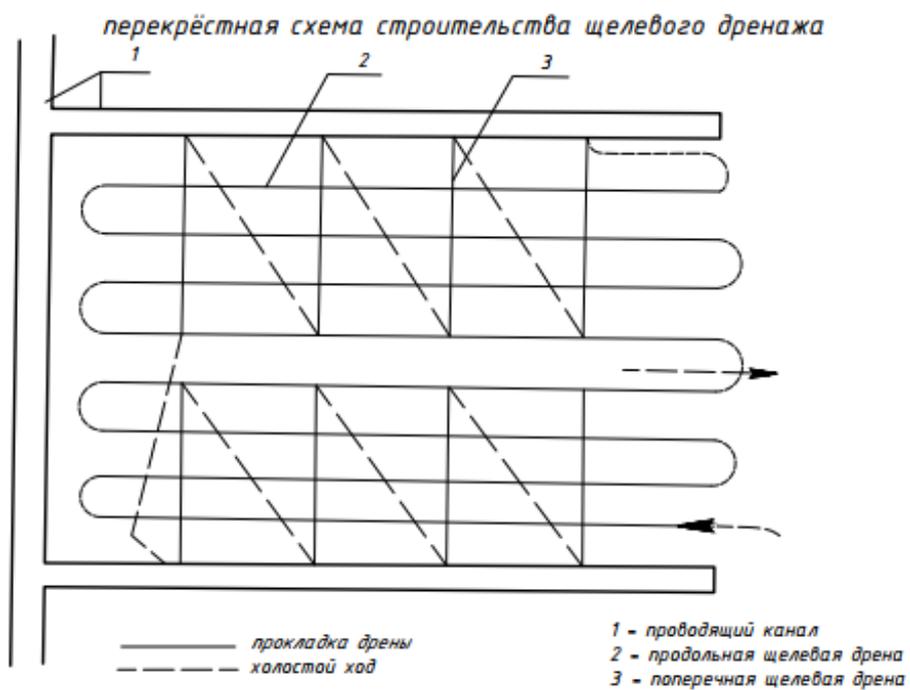


Рис. 4. «Перекрёстная» схема дренирования

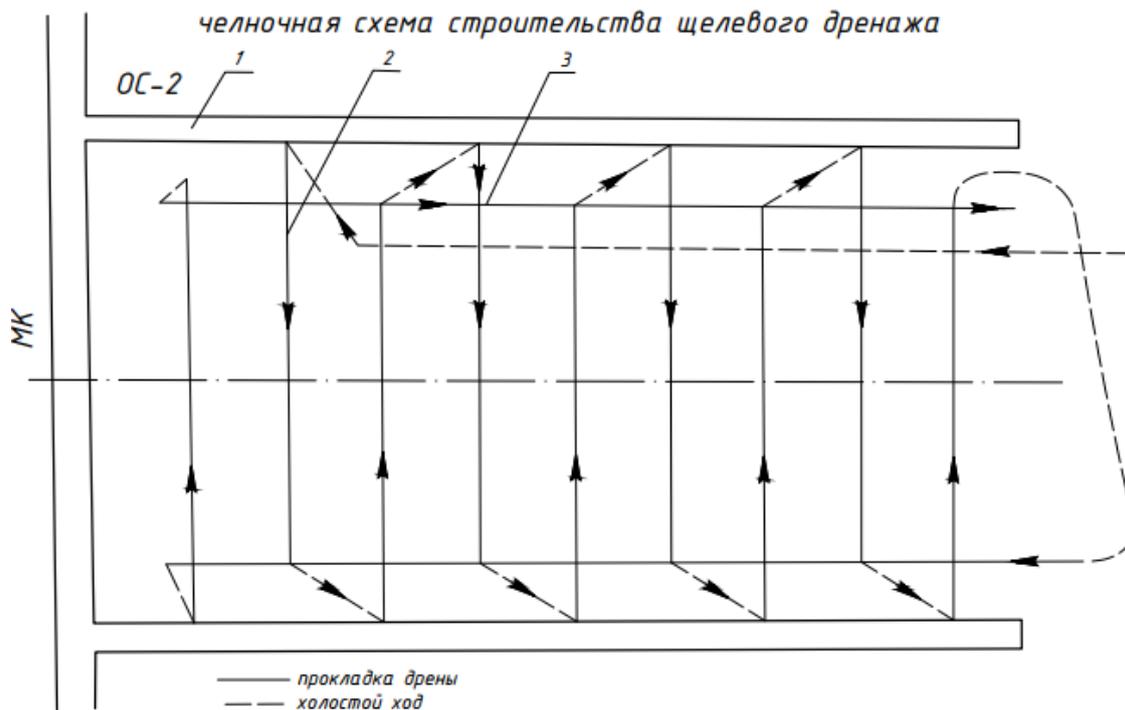


Рис. 5. «Челночная» схема дренирования

По данной схеме дренирование начинается со второй дрены от первого канала через всю карту, не доходя до второго канала на длину агрегата. Следующая дрена выполняется от второго канала к первому. Нарезав нечетное количество дрен по всей площади карты, прорезают две соединительные дрены на расстоянии 10–15 м от канала и последнюю поперечную. Сток по дренам происходит как прямо в канал, так и через соединительные дрены (по кратчайшему пути).

Сравнительные данные по эффективности применения рассмотренных технологических схем для карты длиной 1 000 м и шириной 300 м (площадью 30 га) при расстоянии между дренами 30 м по схемам «от канала» и «челночная» представлены в табл. 1.

Из данных табл. 1 следует, что наибольших затрат времени требует «перекрестная» схема дренирования. Схемы «от канала» и «челночная» при работе по мерзлomu торфу равноценны по затратам времени, которые составляют 28,2 и 28,5 ч на площадь 30 га. С ростом скорости движения до 1,0 и 1,5 км/ч «челночная» схема становится более экономичной по затратам времени на 15 и 31 % соответственно.

Наивысший коэффициент технологичности имеет «перекрестная» схема, она же обеспечивает и наивысшую выработку, однако протяженность дрен по ней в 3,57 раза превышает требуемую.

Трудоемкость дренирования по перекрестной схеме 1,6 чел. ч/га, по другим схемам — 0,53–0,61 чел. ч/га.

Из сказанного можно сделать вывод о том, что в мерзлых торфах при максимальной скорости движения

агрегата до 450 м/ч (первый диапазон ходоуменьшителя базового трактора) целесообразно применение технологической схемы «от канала». При работе по частично мерзлым и талым торфам (второй и третий диапазоны ходоуменьшителя) при скоростях движения 700–940 и 1610–1810 м/ч более целесообразно применение челночной схемы дренирования.

Применение челночной схемы дренирования обеспечивает повышение производительности труда на 15 и 31 % соответственно по сравнению со схемой «от канала». Перекрестная схема трудоемка более чем в 2 раза, и применение ее не представляется целесообразным.

Расчет норм времени на строительство щелевого дренажа. Производство работ по строительству щелевого дренажа в летнее время выполняется по схемам «от канала» и «челночная». «Перекрестная» схема дренирования используется для обогащения поверхностных слоев торфяной залежи перегнившим торфом при необходимости быстрого получения урожая при освоении болот.

Клин используется для расчистки трасс дрен от кустарника. Зимой на покрытом снегом болоте используется схема «от канала» при предварительной расчистке трасс дрен от снега клином.

Сравнительные данные по нормированию затрат времени на строительство щелевого дренажа по рассмотренным технологическим схемам при расстоянии между дренами 30 м представлены в табл. 2.

Таблица 1. Сравнительные характеристики технологических схем строительства щелевого дренажа

Наименование показателей	Схемы дренирования		
	от канала	челночная	перекрестная
1	2	3	4
Затраты времени по элементам на 30 га, ч:			
– при скорости 0,4 км/ч (мерзлый торф)			
рабочий ход	22,5	26,8	80,2
холостой ход	2,7	0,2	2,0
переключения	3,0	1,5	2,2
Итого:	28,2	28,5	84,4
– при скорости 1,0 км/ч (частично мерзлый торф)			
рабочий ход	9,0	10,7	32,1
холостой ход	2,7	0,2	1,2
переключения	3,0	1,5	2,2
Итого:	14,7	12,4	35,6
– при скорости 1,5 км/ч (талый торф)			
рабочий ход	6,0	7,2	21,4
холостой ход	2,7	0,2	1,2
переключения	3,0	1,5	2,2
Итого:	11,7	8,9	24,8
Коэффициент технологичности при скоростях движения, км/ч:			
0,4	0,80	0,94	0,95
1,0	0,61	0,86	0,90
1,5	0,51	0,81	0,86
Выработка, км/сезон, по торфам:			
мерзлому	134,7	156,6	160,3
частично мерзлому	257,3	362,6	379,6
талому	322,3	512,8	544,1
Итого — годовая выработка	715,3	1 034,0	1 085,0
Протяженность дрен, м/га, при междренном расстоянии 30 м	300	357	1 076
Производительность, га в год, при междренном расстоянии 30 м	2 384	2 399	1 014
Трудоемкость, чел. ч/га	0,61	0,53	1,6
чел. ч/км	2,33	1,61	1,53
Расход топлива, кг/га	11,38	12,3	36,66

Таблица 2. Сравнительные характеристики применения проектируемого агрегата на строительстве щелевого дренажа

Наименование показателей	Схемы дренирования		
	от канала	челночная	перекрестная
Затраты времени, ч/га, по элементам на 1 га при междренном расстоянии 30 м:			
– мерзлый торф, скорость 0,4 км/ч:			
рабочий ход	0,75	0,89	2,67
холостой ход	0,09	0,007	0,07
переключения	0,10	0,05	0,07
Итого:	0,94	0,95	2,81
– Частично талый торф, скорость 1,0 км/ч:			
рабочий ход	0,30	0,36	1,07
холостой ход	0,09	0,007	0,04
переключения	0,10	0,005	0,07
Итого:	0,49	0,41	1,19
Талый торф, скорость 1,5 км/ч:			
рабочий ход	0,20	0,24	0,71
холостой ход	0,09	0,007	0,04
переключения	0,10	0,05	0,07
Итого:	0,39	0,30	0,83

Данные обработки осциллографических записей, полученных при испытаниях, показали, что работа ба-
ровых и цепных машин проходила при низких значе-
ниях коэффициентов загрузки двигателя трактора $K_3 =$
0,22–0,46 при коэффициенте вариации 5–12 % [3].

Полученная при эксперименте зависимость энерго-
емкости резания и коэффициента загрузки двигателя K_3
в зависимости от глубины промерзания H_m при скоро-
стях резания 2,5 м/с и движения 116 м/ч представлена
на рис. 6.

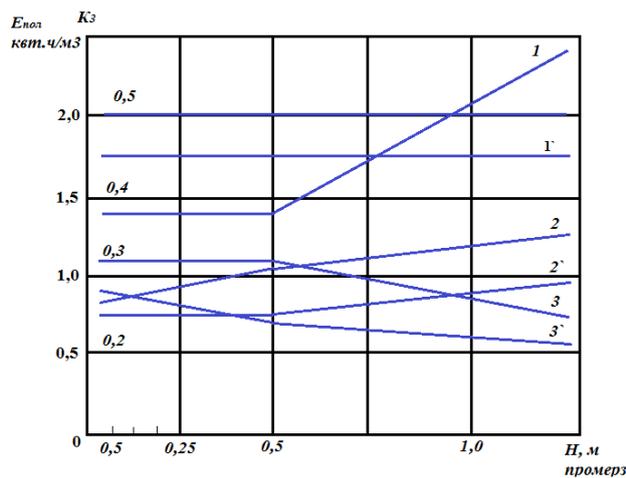


Рис. 6. Зависимость $E_{пол}$ и K_z двигателя от глубины промерзания торфяной залежи: 1 — $E_{пол} = f(H_M)$; 1' — $K_z = f(H_M)$ на участке 1 с толщиной слоя торфа 0,3–0,5 м; 2 — $E_{пол} = f(H_M)$; 2' — $K_z = f(H_M)$ на участке 2 с толщиной слоя торфа 0,7–0,9 м; 3 — $E_{пол} = f(H_M)$; 3' — $K_z = f(H_M)$ на участке 3 с толщиной слоя торфа 1,5–1,7 м

Щелевой дренаж можно закладывать на болотах с мощностью слоя торфа не менее 1 м и степени его разложения не выше 40–50 %. При качественном закрытии верхней полости дрен они удовлетворительно работают в течение 10–15 лет. Закрытие дрен при их нарезке должно производиться по задернутой поверхности, что предохраняет дрены от засыпания, обеспечивает их качество и долговечность.

По выполненным согласно методике [8] расчетам производительность щеледренажных машин по экска-

вации грунта при глубине дренажной щели 1,3 м составляет от 120 до 280 м³/ч при скоростях резания от 2,5 до 5,6 м/с соответственно. При введении щеледренажных машин в эксплуатацию экскавирующая способность возрастает, что подтверждается результатами исследования.

Заключение. По схеме «от канала» работу следует проводить в зимне-весенний период, при снежном покрове менее 0,6–0,7 м. Нарезка дрен производится одновременно с расчисткой их трасс.

«Перекрестная» схема дренажа применяется для случаев, когда, согласно агротехнике, необходим вынос на поверхность нижних слоев торфяной залежи, обладающих более благоприятными свойствами. Технологически применение данной схемы нецелесообразно.

«Челночную» схему рационально применять в летне-осенний период, когда рабочая скорость агрегате находится в пределах 900–2000 м/ч. Продольные дрены служат для сокращения пути стока воды в каналы. При «челночной» схеме дренирования сокращаются холостые пробеги агрегата, соответственно уменьшается число операций управления в 1,8–2,4 раза, возрастает производительность труда в летне-осенний период.

Щелевой дренаж можно закладывать на болотах с мощностью слоя торфа не менее 1 м, при степени его разложения не выше 40–50 %. При качественном закрытии верхней полости дрен они удовлетворительно работают в течение 10–15 лет. Закрытие дрен при их нарезке должно производиться по задернутой поверхности, что предохраняет дрены от засыпания.

Литература

- Торфяной фонд РСФСР. Сибирь и Дальний Восток. М.: Геологический фонд СССР, 1956. 297 с.
- Федеральная целевая программа «Леса России» на 1997–2000 годы: утверждена постановлением правительства РФ от 26 сент. 1997 г. № 124 // Экономформ. 1998. № 1. С. 25–64.
- Сельское хозяйство Барабинской низменности (состояние и перспективы развития). Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1977. 68 с.
- Ган Е.В. Осушение болот Барабы редкой сетью канав в сочетании со щелевым дренажом // Бюллетень науч. - исследовательских работ Убинской опытно - мелиоративной станции № 1. Новосибирск: УОМС, 1956. С. 9–23.
- Орловский С.Н. Разработка новых высокопроизводительных машин для дренирования торфяных почв // Торфяная пром-сть. 1982. № 3. С. 9–12.
- Орловский С.Н., Бурчак Г.В., Межеумов Е.Ф., Попова Л.П. Технологическая карта по устройству щелевого дренажа при осушении торфяных болот для условий Сибири и Дальнего Востока. Красноярск: Росоргтехвострой, 1987. 22 с.
- Мер И.И. Курсовое и дипломное проектирование по мелиоративным машинам. М.: Колос, 1978. 173 с.
- Константинов В.К. Эксплуатация лесосушительных систем. М.: Лесная пром-сть, 1979. 152 с.
- Долматов С.Н., Макунина Я.С. Плотность сети лесных дорог как фактор устойчивого лесопользования на примере лесов Красноярского края // Вестн. Поволжского гос. технологического ун-та. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2023. № 3 (59). С. 87–97.
- Орловский С.Н., Войнаш С.А., Соколова В.А. Исследование работоспособности щелевого дренажа на осушении торфяников // Изв. Тульского гос. ун-та. Технические науки. 2023. № 1. С. 424–428.
- Предтеченский Е.С., Чикирда М.М. Навесное быстродействующее оборудование для разработки мерзлого грунта // Механизация гидромелиоративных работ в Восточной Сибири. Красноярск: СибНИИГиМ, 1978. С. 12.
- Бугаев В.Г., Макушкин Д.О., Каган И.Л. Сменное оборудование к одноковшовым гидравлическим экскаваторам // Механизация гидромелиоративных работ в Восточной Сибири. Красноярск: СибНИИГиМ, 1978. С. 20.
- Казанцева Л.И. Технические требования к тепловому режиму объемного гидропривода строительных и дорожных машин // Механизация гидромелиоративных работ в Восточной Сибири. Красноярск: СибНИИГиМ, 1978. С. 44.
- Романович М.А., Белов А.И. Модернизация рабочего оборудования цепного траншейного экскаватора // Оборудование. Наука. Производство: материалы X Междунар. молодежного форума (1–15 окт. 2018 г.). Белгород: Белгородский гос. технологический ун-т им. В.Г. Шухова, 2018. С. 1149–1152.
- Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1979. Т. 1. 728 с.
- Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. канд. техн. наук А.Н. Малова. М.: Машгиз, 1956. Т. 2. 584 с.
- Peltomaa Rauno. Drainage of forests in Finland. Irrigation and Drainage. 2007. 56. P. 151–159.
- Holden J., Chapman P.J., Labadz J.C. Artificial drainage of peatlands: hydrological and hydrochemical process and wetland restoration, Prog. Phys. Geog. 2004. 28. P. 95–123.

19. Karjalainen T., Leinonen T., Gerasimov Y., Husso M., Karvinen S. Intensification of forest management and improvement of wood harvesting in Northwest Russia - Final report of the research project. Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research 2009. Institute 110. 151 p.
20. Sousa V.F.C., Silva F.J.G. Recent advances on coated milling tool technology-a comprehensive review // *Coatings*. 2020. Vol. 10, № 3. P. 235.

References

1. Peat fund of the RSFSR. Siberia and the Far East. M.: Geologicheskij fond SSSR, 1956. 297 p.
2. Federal target program "Forests of Russia" for 1997-2000: utverzhdena postanovleniem pravitel'stva RF ot 26 sent. 1997 g. № 124 // *Ekoinform*. 1998. № 1. P. 25-64.
3. Agriculture of the Baraba Lowland (status and development prospects). Novosibirsk: SO VASHNIL, 1977. 68 p.
4. Gan E.V. Drainage of the Baraba swamps with a sparse network of ditches in combination with slit drainage // *Byulleten' nauch. - issledovatel'skih rabot Ubinskoj opytno - meliorativnoj stancii № 1*. Novosibirsk: UOMS, 1956. P. 9-23.
5. Orlovskij S.N. Development of new high-performance machines for drainage of peat soils // *Torfyanaya prom-st'*. 1982. № 3. P. 9-12.
6. Orlovskij S.N., Burchak G.V., Mezheumov E.F., Popova L.P. Technological map for the device of slot drainage during drainage of peat bogs for conditions of Siberia and the Far East. Krasnoyarsk: Rosorgtekhvodostroj, 1987. 22 p.
7. Mer I.I. Course and diploma design for melioration machines. M.: Kolos, 1978. 173 p.
8. Konstantinov V.K. Operation of forest drainage systems. M.: Lesnaya prom-st', 1979. 152 p.
9. Dolmatov S.N., Makunina Ya.S. Density of the forest road network as a factor in sustainable forest management using the example of the forests of Krasnoyarsk Krai / S.N. Dolmatov, Ya.S. Makunina // *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature management*. 2023. № 3 (59). P. 87-97.
10. Orlovskij S.N., Vojnash S.A., Sokolova V.A. Study of the performance of slot drainage for draining peatlands // *News of the Tula State University (Izvestija TulGU). Technical sciences*. 2023. № 1. P. 424-428.
11. Predtechenskij E.S., Chikirda M.M. Attached high-speed equipment for developing frozen soil // *Mekhanizaciya gidromeliorativnyh rabot v Vostochnoj Sibiri*. Krasnoyarsk: SibNIIGiM, 1978. P. 12.
12. Bugaev V.G., Makushkin D.O., Kagan I.L. Replacement equipment for single-bucket hydraulic excavators // *Mekhanizaciya gidromeliorativnyh rabot v Vostochnoj Sibiri*. Krasnoyarsk: SibNIIGiM, 1978. P. 20.
13. Kazanceva L.I. Technical requirements for the thermal mode of the volumetric hydraulic drive of construction and road machines // *Mekhanizaciya gidromeliorativnyh rabot v Vostochnoj Sibiri*. Krasnoyarsk: SibNIIGiM, 1978. P. 44.
14. Romanovich M.A., Belov A.I. Modernization of the working equipment of a chain trench excavator // *Obrazovanie. Nauka. Proizvodstvo: materialy X Mezhdunar. molodezhnogo foruma (1-15 okt. 2018 g.)*. Belgorod: Belgorodskij gos. tekhnologicheskij un-t im. V.G. Shuhova, 2018. P. 1149-1152.
15. Anur'ev V.I. Handbook of the mechanical engineer: v 3-h t. 5-e izd., pererab. i dop. M.: Mashinostroenie, 1979. V. 1. 728 p.
16. Handbook of the mechanical engineer technologist: v 2 t. / pod red. kand. tekhn. nauk A.N. Malova. M.: Mashgiz, 1956. V. 2. 584 p.
17. Peltomaa Rauno. Drainage of forests in Finland. *Irrigation and Drainage*. 2007. 56. P. 151-159.
18. Holden J., Chapman P.J., Labadz J.C. Artificial drainage of peatlands: hydrological and hydrochemical process and wetland restoration, *Prog. Phys. Geog*. 2004. 28. P. 95-123.
19. Karjalainen T., Leinonen T., Gerasimov Y., Husso M., Karvinen S. Intensification of forest management and improvement of wood harvesting in Northwest Russia - Final report of the research project. Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research 2009. Institute 110. 151 p.
20. Sousa V.F.C., Silva F.J.G. Recent advances on coated milling tool technology-a comprehensive review // *Coatings*. 2020. Vol. 10, № 3. P. 235.