

Совершенствование рабочих органов щеледренажных мелиоративных машин путём обоснования кинематических соотношений работы цепи с чашеобразными резцами

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

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

² Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва. Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», д. 31

³ Красноярский государственный аграрный университет, пр. Мира, 90, Красноярск, Россия

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

^а <https://orcid.org/0000-0002-2412-314>, ^б <https://orcid.org/0000-0002-9297-3699>, ^с <https://orcid.org/0000-0001-8904-834>

Статья поступила 23.12.2025, принята 03.02.2026

Объектом исследования работы является процесс формирования дренажных щелевых дрен в торфяниках цепными щеледренажными мелиоративными машинами. Рассмотрены вопросы кинематики работы цепного режущего органа с чашеобразными резцами. Установлены основные кинематические соотношения, позволяющие определять силовые параметры процесса и затраты мощности на формирование щелевых дрен. Конструкция цепного органа щеледренажной машины с чашеобразными резцами обеспечивает снижение трения боковыми поверхностями ножей о поверхность дрены и уменьшение энергоёмкости процесса. Аналитическим путём рассчитана необходимая мощность на обработку талого и мёрзлого торфа. Величины составили, соответственно, 56 и 84 кВт. Расчётные показатели соответствуют мощности серийных лесохозяйственных тракторов, имеющих в распоряжении органов лесного хозяйства. Для обеспечения уверенного движения цепной щелерезной машины при выполнении щелевого дренажа следует применять базу тракторов ТТ-4 и Т-170. Полученные данные помогут разработать новые конструкции щеледренажных цепных мелиоративных машин с улучшенными характеристиками, которые позволят улучшить эффективность щелевого дренажа.

Ключевые слова: мелиорация; щелевой дренаж; цепной режущий орган; кинематические соотношения; затраты мощности.

Improving the working elements of chain-driven slit-cutting drainage machines by substantiating the kinematic relationships of the operation of a chain with cup-shaped cutters

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

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

² Reshetnev Siberian State University of Science and Technology; 31, Krasnoyarskii Rabochii Pros., Krasnoyarsk, Russia

³ Krasnoyarsk State Agrarian University; 90, Mira Ave., Krasnoyarsk, Russia

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

^а <https://orcid.org/0000-0002-2412-314>, ^б <https://orcid.org/0000-0002-9297-3699>, ^с <https://orcid.org/0000-0001-8904-834>

Received 23.12.2025, accepted 03.02.2026

The object of this study is the formation of drainage slot drains in peatlands using chain-driven slit-cutting drainage machines. The kinematics of a chain cutting element with cup-shaped cutters are examined. The key kinematic relationships for determining the process force parameters and power consumption for forming slit drains are established. The design of the chain-driven slit-cutting machine with cup-shaped cutters reduces friction between the side surfaces of the knives and the drain surface, thereby reducing the energy consumption of the process. The required power for processing thawed and frozen peat is calculated analytically. The values are 56 and 84 kW, respectively. These calculated values correspond to the power of standard forestry tractors available to forestry agencies. To ensure reliable movement of the chain-driven slit-cutting machine during slit drainage, TT-4 and T-170 tractors should be used. The data obtained help develop new designs of chain-type slit drainage machines with improved characteristics, which will improve the efficiency of slit drainage.

Keywords: land reclamation; slit drainage; chain cutting element; kinematic relationships; power consumption.

Введение. В соответствии со Стратегией развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 г. [1] предусмотрены мероприятия по разработке современного оборудования и высокотехнологичных производств для лесного хозяйства. Стратегия развития лесного комплекса до 2030 г. содержит постулаты всестороннего

устойчивого развития лесного хозяйства. Особое внимание уделяется развитию машин и оборудования для лесохозяйственных, лесомелиоративных работ, которые могли бы повысить уровень производительности труда, что очень важно для перспектив освоения лесных ресур

сов. Переувлажнение и заболачивание – факторы, ограничивающие эффективность лесопользования, снижающие прирост насаждений и крайне негативно сказывающиеся на технологии освоения лесных массивов. Характерной чертой переувлажнённых мест и болот является произрастание на этих территориях слабых насаждений с низкой полнотой и бонитетом [14, 15].

Вместе с тем, заболоченные территории и болота лесной зоны обладают высоким потенциальным плодородием, возможно их осушение и освоение, в том числе в целях создания высокопродуктивных насаждений. На месте болот даже за весьма непродолжительное время возможно формирование высокобонитетных насаждений. Работами Б.В. Бабикова [1] убедительно доказана перспективность дренирования и осушения болот с формированием на их месте лесных насаждений. При этом формируется насаждение высокой полноты и бонитета.

Для эффективного осушения таких территорий разработаны технологии дренажей путём формирования дренажных канав и щелей. Основными технологиями осушения лесных болот являются дренажи в виде открытых канав [2, 4, 1], а также щелей. Выполнение работ включает прорезание специальным орудием дренажных щелей глубиной 1,0–1,5 м и шириной 0,1 м с одновременным закрытием их верхней полости. Щели длиной до 300 м пересекаются собирающей дренажной с выходом в водоприёмник. Это довольно долговечная конструкция, имеющая срок службы 20 лет и более. Для прокладки щелевых дрен не требуется разубка просек, корчёвка пней [10, 11, 5].

Создание новых высокопроизводительных мелиоративных щеледренажных машин связано с разработкой для них рабочих органов, способных выполнять технологический процесс в талых, мёрзлых торфах, в частности содержащие древесные включения. В процессе совершенствования цепного режущего аппарата в интересах снижения трения боковыми поверхностями ножей была разработана конструкция цепного органа щеледренажной машины с чашеобразными резцами. На конструкцию получен патент [8]. Существующие конструкции баровых и цепных щелерезных машин, как правило, имеют значительную прочность и металлоёмкость, избыточную для режимов резания торфяной залежи. Кроме того, рабочие органы таких машин имеют сложное устройство, множество деталей, сопряжений и сочленений, которые активно забиваются торфом в процессе формирования дренажных щелей. Ещё одним недостатком конструкции является высокая металлоёмкость и трудоёмкость сборки и наладки. Кроме того, при износе или затуплении режущей кромки резцов, существенно снижается эффективность резания, повышаются затраты мощности, снижается КПД.

Режущий аппарат для формирования дренажных щелей [8] (рис. 1) включает пластинчатую цепь, состоящую из центральных звеньев 1, боковых звеньев 2, осей-заклепок 3. Центральное звено 1 симметричное, имеет выступ с резьбовым отверстием, предназначенным для закрепления чашеобразного резца 4 крепёжным винтом 5. Крепёжный винт 5 имеет два упорных бурта. Первый борт плотно прижимается к поверхности выступа центрального звена 1. Второй борт является упором для чашеобразного резца 4, причём между резцом и буртом

предусмотрен зазор «А», обеспечивающий возможность свободного вращения чашеобразного резца 4 относительно оси симметрии крепёжного винта 5. Режущий аппарат для формирования дренажных щелей работает следующим образом. Режущий аппарат монтируется на направляющий аппарат в виде ведущей и ведомой звёздочки и шины стандартной щеледренажной машины.

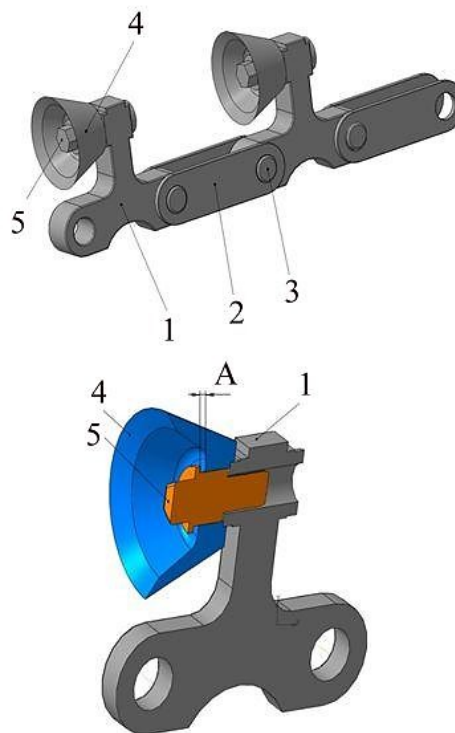


Рис. 1. Цепной режущий аппарат

При вращении приводной звёздочки щеледренажной машины, звёздочка своими зубьями воздействует на поверхность центральных звеньев, приводя в движение пластинчатую цепь режущего аппарата. Чашеобразные резцы 4 производят резание торфяной залежи, образуя дренажную щель, причём за счёт того, что диаметр чашеобразного резца превышает суммарную ширину центрального 1 и боковых 2 звеньев, происходит снижение сил трения боковой поверхности цепного режущего аппарата щеледренажной машины, а за счёт возможности свободного вращения чашеобразного резца 4 относительно крепёжного винта 5 достигается равномерный износ режущей кромки резца, которая имеет существенно большую протяжённость по сравнению с плоскими резцами аналогов. Диаметр чашеобразного резца 4 превышает суммарную ширину центрального звена 1 и двух боковых звеньев 2.

Формализуем цель работы и обозначим основные задачи исследования.

Цель исследования – совершенствование конструкции режущего аппарата цепных щеледренажных машин для повышения эффективности их работы на лесной мелиорации.

Задачи исследования.

1. Обосновать кинематические соотношения при работе режущего органа с чашеобразными резцами в процессе щелевого дренажа торфяной залежи.

2. Определить аналитическим путём силовые параметры и необходимую мощность привода агрегата щелевого дренирования.

Результаты и их обсуждение. Процесс резания торфяного массива перспективным рабочим органом с чашеобразными резами является закрытым процессом. Чашеобразный резец имеет одно лезвие, но оно выполнено в виде кольца. Эта особенность даёт возможность одновременно формировать и дно, и стенку прорезаемой дрены и обуславливает стабильность угловых параметров взаимодействия реза и обрабатываемого массива с образованием серповидной по своему сечению стружки.

Основными показателями, знание и расчёт которых необходимы для обоснования и расчётов режима, силовых и динамических параметров резания будут скорость резания v , скорость надвигания u , подача на один зуб U_z , число зубьев рабочего органа z , величина шага зубьев t_3 . Ряд параметров и величин логично вытекает из основного кинематического соотношения, определяемого для классических цепных пил [3]:

$$\frac{u}{v} = \frac{U_z}{t_3} \quad (1)$$

Выражение (1.1) является основным уравнением кинематических соотношений при пилении. Максимальная скорость надвигания является условием увеличения производительности пиления. Однако она ограничивается условием заполнения пазухи зуба стружкой, прочностью зуба и условием мощности привода.

Рабочая часть цепи, занимая в пропиле дрены некоторое криволинейное положение, будет снимать стружку расчётной максимальной толщины, определяемой по зависимости:

$$l_m = U_z \cos \varphi_k, \quad (2)$$

где l_m – максимальная толщина стружки в любом месте высоты пропила B , мм.; φ_k – кинематический угол, образованный между осью X^{OB} и вектором скорости движения зуба v_R (рис. 2).

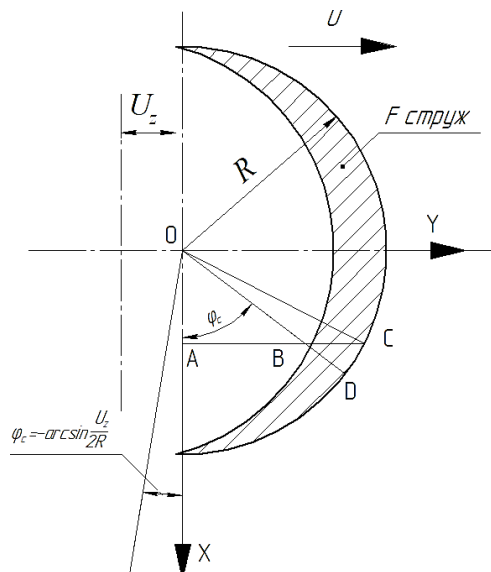


Рис. 2. Схема процесса стружкообразования

Направление скорости резания v определяется углом наклона касательной к оси $X-OB$, где за начало координат осей взята точка O , являющаяся точкой максимального отклонения от вертикали режущей кромки на ведомой звездочке режущего аппарата. Вырежем мысленно часть цепи двумя симметричными сечениями относительно оси Y (рис. 3) с началом координат O . Так как несущая часть режущего аппарата сопротивляется усилию растяжения, то действие вырезанных частей на оставшуюся возможно, как сила, действующая по касательной OX .

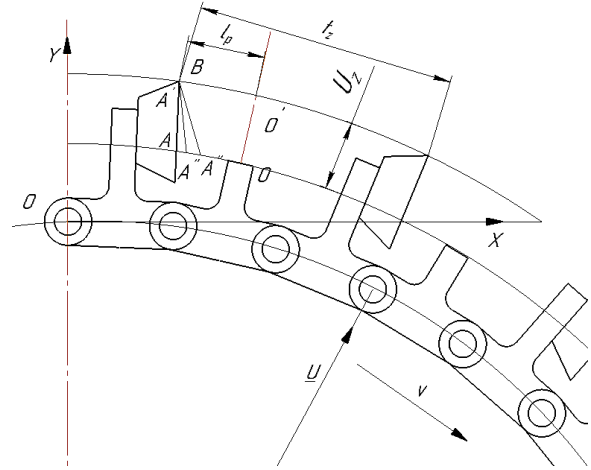


Рис. 3. Кинематическая расчётная схема

Составим и решим уравнение равновесия вырезанного участка относительно оси Y , получим:

$$Y = \frac{gX^2}{2H}, \quad (3)$$

где Y, X – ордината и абсцисса рассматриваемой точки; $g = \frac{P_H}{b}$ – распределённая нагрузка от силы надвигания, МПа.

Тогда угол ε_0 будет равен:

$$\varepsilon_0 = \arctg \frac{gx}{H} \quad (4)$$

Скорость (суммарная) зубьев равна (рис. 4):

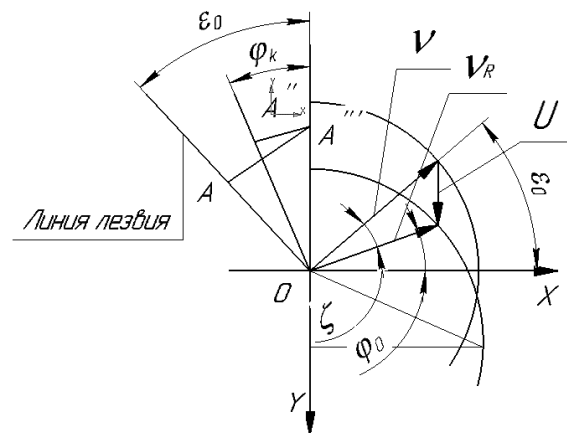


Рис. 4. Кинематика зуба в пропиле

$$v_R = \sqrt{(v \sin \varepsilon_0 - U)^2 + (v \cos \varepsilon_0)^2}. \quad (5)$$

Кинематический угол φ_k определится:

$$\varphi_k = \arccos \left(\frac{v}{v_R} \cos \varepsilon_0 \right). \quad (6)$$

Из выражения следует, что значение кинематического угла по высоте пропила величина переменная, следовательно, толщина стружки по её длине также величина переменная. Определим значение толщины стружки по её ширине в месте, где максимальная толщина равна величине подачи на зуб. Или $l_{max} = U_z$. Для этого рассмотрим центральный угол φ_c , определяющий положение места по поперечному сечению стружки искомой толщины. Принимаем R – радиус кольца лезвия ножа. $R = OC = OD$. Толщина стружки для соответствующего угла φ_c равна $l_c = R - OB$.

Из прямоугольных треугольников (рис. 3, 4) находим:

$$\sin \varphi_c = \frac{AB}{R - l_c} \quad (7)$$

$$\cos \varphi_c = \frac{AO}{R - l_c} \quad (8)$$

$$AB = \sqrt{R^2 - AO^2} - U_z \quad (9)$$

$$AO = (R - l_c) \cos \varphi_c \quad (10)$$

$$\sin \varphi_c = \frac{\sqrt{R^2 - (R - l_c)^2 \cos^2 \varphi_c} - U_z}{R - l_c} \quad (11)$$

Решая относительно l_c , получим:

$$l_c = R + U_z \sin \varphi_c - \sqrt{R^2 - U_z^2 + U_z^2 \sin^2 \varphi_c} \quad (12)$$

Ширина стружки определится длиной дуги контакта лезвия с торфяным массивом и будет равна:

$$b_c = \frac{\pi R}{180} \varphi_{ck}, \quad (13)$$

где b_c – ширина стружки, мм; φ_{ck} – угол, соответствующий дуге контакта лезвия зубы и массива торфа, град

$$R + U_z \sin \varphi_c - \sqrt{R^2 - U_z^2 + U_z^2 \sin^2 \varphi_c} = 0 \quad (14)$$

Откуда

$$\varphi_c = -\arcsin \frac{U_z}{2R}. \quad (15)$$

Следовательно

$$\varphi_{ck} = 180 + 2 \arcsin \frac{U_z}{2R}. \quad (16)$$

Ширина стружки по дуге её срезания будет равна:

$$b_c = \frac{\pi R}{180} \left(180 + 2 \arcsin \frac{U_z}{2R} \right); \quad (17)$$

$$b_c = \pi R + \frac{\pi R}{90} \arcsin \frac{U_z}{2R}. \quad (18)$$

Площадь поперечного сечения стружки при $l_{max} = U_z$ приближённо можно определить по формуле

$$F_k = D_l U_z, \quad (19)$$

где D_l – диаметр кольцевого лезвия, мм.

Для условия любого сечения по длине стружки:

$$F_k = D_l U_z \cos \varphi_k \quad (20)$$

Толщина и ширина стружки:

$$l_k = l_c \sqrt{\cos^2 \varphi_c + \sin^2 \varphi_c \cos^2 \varphi_k} \quad (21)$$

При $\varphi_c = 90^\circ$ $l_k = l_c \cos \varphi_k$. Одновременно $l_c = U_z$. Тогда $l_k = l_m \cos \varphi_k$.

$$b_k = \frac{\pi R}{90} \int_{-\arcsin \frac{U_z}{2R}}^{90} \sqrt{\cos^2 \varphi_c + \sin^2 \varphi_c \cos^2 \varphi_k} d\varphi_c \quad (22)$$

где b_k – ширина стружки по дуге её срезания в любом месте высоты дрены b мм.

Для конструктивных и энергетических расчётов важно знать среднюю величину площади поперечного сечения стружки, её толщину и ширину. Для её определения достаточно знать среднее значение кинематического угла встречи. Средняя величина φ_k определяется:

$$\varphi_{kcp} = \frac{\varphi_{kmax} + \varphi_{kmin}}{2} \quad (23)$$

где φ_{kmax} – максимальный кинематический угол, возникает при $\varepsilon_0 > 0$ или при $\varepsilon_0 = \arctg \frac{gb}{2H}$, здесь b – высота формируемой щелевой дрены; φ_{kmin} – минимальный кинематический угол (при $\varepsilon_0 = -\arctg \frac{gb}{2H}$).

Максимальное значение толщины поперечного сечения стружки будет в момент, когда $\varphi_k = 0$, или $l_k = U_z \cos 0 = U_z$.

Найдём значение X при котором $l_k = U_z \cos 0 = U_z$.

$$\varphi_k = \arccos \left(\frac{v}{v_R} \cos \varepsilon_x \right) = 0, \quad (24)$$

$$\cos \varepsilon_x = \cos \arctg \frac{gx}{H}. \quad (25)$$

Тогда

$$\frac{v_R}{v} = \cos \arctg \frac{gx}{H}. \quad (26)$$

Подставим в полученное выражение значение v_R из формулы 5, получим:

$$v \cos \arctg \frac{gx}{H} = \sqrt{\left(v \sin \arctg \frac{gx}{H} - U \right)^2 + \left(v \cos \arctg \frac{gx}{H} \right)^2}. \quad (27)$$

Освободившись от корня и произведя алгебраические преобразования, получим:

$$\left(v \sin \arctg \frac{gx}{H} - U \right)^2 = 0. \quad (28)$$

Условие возможно при соблюдении:

$$v \sin \arctg \frac{gx}{H} = U. \quad (29)$$

Откуда значение текущей координаты x будет равно:

$$x = \frac{H}{g} \operatorname{tg} \arcsin \frac{U}{v}. \quad (30)$$

При работе режущего аппарата щеледренажной машины могут возникать ситуации, когда из-за высокой прочности, например, мёрзлого торфа, требуется принудительно уменьшать толщину срезаемой стружки. В этом случае необходим ограничитель толщины стружки (рис. 4). Требуемое снижение ограничителя, обеспечивающее

проход стружки, находится из соотношений на рис. 4. Обозначим искомую величину снижения ограничителя относительно головки режущего зуба как C , тогда, имея в виду, что $\varphi_k = 0$, точки A'' и A''' совмещены. В точке A''' можно записать (рис. 4):

$$C = AB - AA' \quad (31)$$

$$AB = U_z \cos \varepsilon'_0 \quad (32)$$

$$\varepsilon'_0 = \arctg \frac{g_0}{H} \quad (33)$$

Значение AA' определяется как высота сегмента удвоенной дуги AO , которая соответствует разности углов φ_k в точках $A(x = a)$ и $B(x = a - l_p)$, где l_p рабочая длина зуба (отрезок BO). Обозначим центральный угол, соответствующий дуге $2AO$, буквой ζ .

$$\zeta = 2(\varphi_{ka} - \varphi_{ka} - l_p) \quad (34)$$

Полученные закономерности определяют кинематические соотношения и позволяют рассчитать действующие усилия резания торфяной залежи и необходимую мощность привода.

Для расчётов мощностных параметров процесса прокладки щелевой дрены принимаем параметры скорости перемещения агрегата по данным машин-аналогов. Рабочая скорость агрегата 0,2 м/с, скорость резания цепным рабочим органом 4,35 м/с конструктивно, по машинам-аналогам. Параметры угла резания и заднего угла изображены на рис. 5.

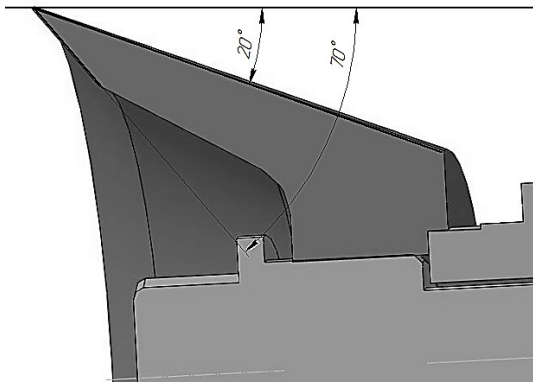


Рис. 5. Схема углов резания

Режущий аппарат для формирования дренажных щелей, включающий пластинчатую цепь, состоящую из последовательно соединённых центральных звеньев с чашеобразными резцами и плоских боковых звеньев формирует щелевую дрены в торфяном массиве.

Мощность N , кВт, потребляемая орудием при работе, определяется по формуле [7]:

$$N = N_{рез} + N_{отбр} + N_{тр} + N_f \quad (35)$$

где $N_{рез}$ – мощность на резание торфа; $N_{отбр}$ – мощность на отбрасывание экскавируемого торфа; $N_{тр}$ – потери мощности в трансмиссии привода режущей цепи; N_f – потери мощности на передвижение агрегата.

Основные расчётные параметры представлены в табл. 1.

Таблица 1. Основные исходные данные

Наименование параметра	Значение
Глубина щели, H , м	1,0
Ширина щели B , м	0,08
Рабочая поступательная скорость V_0 , м/с: по талому торфу	0,45
по промёрзшему торфу	0,26
Окружная скорость V_p , м/с	5,5
Число резцов (групп резцов) Z , шт	48 (24)
Высота резца H , мм	40
Угол заточки лезвия резца ρ_3 , град	50°
Угол резания, β_0 , град	70°
Задний угол γ_0 , град	20°
Удельный вес торфа γ , Н/м ³	8000
Усилия сдвига торфа Θ , Па: – В талом состоянии	16 400
– В мёрзлом состоянии	221 400
Коэффициент внешнего трения талого торфа, f_1	0,95
Коэффициент внутреннего трения талого торфа, f_2	0,50
Угол внешнего трения талого торфа, φ , град	44,5°
Угол внутреннего трения талого торфа, ρ' град	27°
Пнистость разрабатываемой среды E , %	2,0

Мощность $N_{рез}$, кВт, на привод режущей цепи:

$$N_{рез} = \frac{N_{упр} + N_\lambda + N_K + N_n + N_{отбр}}{\eta} \quad (36)$$

где $N_{упр}$ – мощность на преодоление упругости разрабатываемой среды, кВт; N_λ – мощность на течение резаемого торфа из залежи, кВт; N_K – мощность на протягивание резаемого торфа по кожуху, кВт; N_n – мощность для резания древесных включений, кВт; $N_{отбр}$ – мощность, необходимая на передачу сообщения кинетической энергии торфяной стружке, кВт; η = КПД привода цепи.

Мощность на преодоление упругих сил торфа, определяется по следующей формуле:

$$N_{упр} = \Pi \cdot e_{упр}, \quad (37)$$

где Π – производительность рабочего органа, м³/с; $e_{упр}$ – работа на преодоление упругости разрабатываемой среды, Дж/м³.

Требуемая мощность, расходуемая на преодоление перемещению вязкого торфа N_λ , кВт, определяется по зависимости:

$$N_\lambda = e_\lambda \Pi, \quad (38)$$

где e_λ – величина удельной работы от преодоления сил сопротивления перемещению вязкопластического торфа, Дж/м³.

$$N_{\lambda mm} = 31443,5 \text{ Вт.} \quad N_{\lambda mm} = 18342,0 \text{ Вт.}$$

Удельная работа, Дж/м³ на резание захороненной древесины e_n рассчитывается по зависимостям:

$$N_n = e_n \Pi. \quad (39)$$

$$e_n = k_n \cdot \xi_n \cdot 10^3; \quad (40)$$

где ξ_n – отношение объёма фрезеруемых древесных включений к объёму прокладываемой дрены, $\xi_n = 0,02$.

Торфяная стружка должна быть выброшена из дре-нирующей щели, т. е. необходимы затраты для придания кинетической энергии торфу $N_{отбр}$, кВт, определяется по формуле:

$$N_{отбр} = \frac{\rho v^2 \eta}{2g} \quad (41)$$

Затраты мощности на движение машины с орудием N_f определим по формуле

$$N_f = (G_T + G_M \lambda)(f \pm \sin \alpha), \quad (42)$$

где G_T – масса машины, кН; G_M – масса оснастки, кН; λ – коэффициент распределения массы оснастки и машины; f – коэффициент сопротивления; α – угол (если имеется) склонов на местности; V – скорость машины, м/с.

Расчётные величины составили для мёрзлого $N = 84$ кВт; и талого торфа $N = 56$ кВт.

С щелевым цепным орудием агрегат может выполнять технологический процесс на скорости 0,54 м/с по талому торфу и 0,4 м/с по мёрзлому при коэффициенте загрузки двигателя 0,81–0,79 соответственно. Полученные результаты применимы для расчёта щелерезного оборудования [12, 5].

В распоряжении органов лесного хозяйства имеется номенклатура колёсных и гусеничных тракторов, типаж которых отличается массой, мощностью, наличием и типом навесок. Это объясняется широким спектром задач, который выполняют эти машины. Ключевым показателем, определяющим возможность применения той или иной машины, является тяговое усилие, при расчётах которого необходимо соблюдать условие, согласно ко-

торому буксование не должно превышать 5,0 % для гусеничных тракторов, 15,0 % для колёсных полноприводных тракторов. То есть сила трения является определяющим расчётным фактором сцепления F_{max} и находится как сила трения скольжения:

$$F_{max} = Gg\mu\varphi, \quad (43)$$

где μ – коэффициент сцепления; φ – доля эксплуатационной массы, проходящая на движитель.

В работах [6, 12] были проведены расчёты величины тяговых показателей основных отечественных лесохозяйственных тракторов (это машины МТЗ-82, ТТ-4, Т-170). Расчётные величины нагрузок составляют от 18 кН (МТЗ-82) до 137 (Т-170) кН. Тракторы серии ТТ-4 обеспечивают тяговое усилие до 110 кН. Таким образом, для обеспечения уверенного движения цепной щелерезной машины при выполнении щелевого дренажа, следует применять базу тракторов ТТ-4 и Т-170.

Заключение. Проведённые исследования позволили провести обоснование кинематических соотношений при работе режущего органа с чашеобразными резцами в процессе щелевого дренажа торфяной залежи, а также расчёт необходимых силовых показателей процесса. Расчётные показатели требуемой мощности процесса составили 56...84 кВт, что соответствует мощности серийных лесохозяйственных тракторов, имеющих в распоряжении органов лесного хозяйства. Полученные данные помогут разработать новые конструкции щеледренажных цепных мелиоративных машин с улучшенными характеристиками, которые позволят улучшить эффективность щелевого дренажа.

Литература

1. Бабинов Б.В. Формирование и динамика биотопа культур сосны на торфяных почвах после гидромелиорации / Б.В. Бабинов, М.Б. Субота // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2020. – № 4 (376). – С. 27–39. – DOI 10.37482/0536-1036-2020-4-27-39. – EDN XGJGGB.
2. Бабинов Б.В. Гидромелиорация в лесном хозяйстве: история научных исследований / Б.В. Бабинов, М.Б. Субота // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2022. – № 3 (387). – С. 103–118. – DOI 10.37482/0536-1036-2022-3-103-118. – EDN TIKILB.
3. Бершадский А.Л., Цветкова Н.И. Резание древесины. Минск : Высшая школа, 1975. 303 с.
4. Брель В.К. Принципы организации и ведения учета мелиорированных земель в современных условиях / В.К. Брель, В.А. Шадских, Л.Г. Романова // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 4. – С. 8–10.
5. Долматов С.Н. Обоснование и выбор основных параметров рабочего органа узкотраншейной машины / С.Н. Долматов, С.Н. Орловский, С.С.Ш. Саая // Системы. Методы. Технологии. – 2025. – № 1(65). – С. 53–59. – DOI 10.18324/2077-5415-2025-1-53-59. – EDN YLAGEE.
6. Долматов С.Н. Моделирование напряженно-деформированных состояний металлоконструкции плуга ПКЛ-70 средствами САПР / С.Н. Долматов, Я.С. Макунина // Аграрный научный журнал. – 2025. – № 8. – С. 121–130. – DOI 10.28983/asj.y2025i8pp121-130. – EDN ULZHDY.
7. Орловский С.Н. Теоретическое и экспериментальное исследование резания лесных почв фрезерными рабочими органами / С.Н. Орловский, А.И. Карнаухов // Вестник КрасГАУ. – 2007. – № 1. – С. 215–221.
8. Патент на полезную модель № 234610 У1 Российская Федерация, МПК E02F 9/22, E02B 11/02, E02F 5/06. Режущий аппарат для формирования дренажных щелей : заявл. 14.01.2025 : опубл. 03.06.2025 / С.С.Ш. Саая, С.Н. Долматов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет».
9. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2030 г. Распоряжение правительства РФ от 11 февраля 2021 года N 312-р. М., 102 с.
10. Саая С.С.Ш. Повышение эффективности щелевого дренажа путём обоснования режима работы щеледренажных машин / С.С.Ш. Саая, С.Н. Орловский, С.Н. Долматов // Системы. Методы. Технологии. – 2024. – № 4 (64). – С. 105–112. – DOI 10.18324/2077-5415-2024-4-105-112. – EDN BUHOFW.
11. Саая С.Ш. Технологии осушения болот щелевым дренажом / С.Ш. Саая, С.Н. Орловский // Мелиорация и водное хозяйство – основа продовольственной и экологической безопасности : Мат-лы Юбилейной междунар. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию образования ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова, Москва, 09–11 октября 2024 года. – М. : ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2024. – С. 398–407. – DOI 10.37738/VNIIGIM.2024.89.42.067. – EDN JEUWFQ.
12. Саая С.Ш. Обоснование основных параметров гусеничного лесохозяйственного трактора класса тяги 4 / С.Ш. Саая, С.Н. Орловский, С.Н. Долматов // Леса России и хозяйство в них. – 2025. – № 1(92). – С. 125–137. – DOI 10.51318/FRET.2025.92.1.014. – EDN QPPGAG.

13. Сотникова Е.С. Правовые основы охраны и использования мелиорированных земель / Е.С. Сотникова // Вестник Саратовской государственной юридической академии. – 2009. – № 6. – С. 198–201.
14. Heikurainen L. The Influence of Forest Drainage on Growth and Removal in Finland. *Acta Forestalia Fennica*, 1961, vol. 71, no. 8, art. 7117.
15. Salitis P. *Merkopilas prieksnosa cijumi*. Riga, 2006. 217 p.

References

1. Babikov B.V. Formation and dynamics of the biotope of pine crops on peat soils after hydromelioration / B.V. Babikov, M.B. Subota // *News of higher educational institutions. Forestry Journal*. – 2020. – No. 4 (376). – P. 27–39. – DOI 10.37482/0536–1036–2020–4–27–39. – EDN XGJGGB.
2. Babikov B.V. Hydromelioration in forestry: history of scientific research / B.V. Babikov, M.B. Subota // *News of higher educational institutions. Forestry Journal*. – 2022. – No. 3 (387). – P. 103–118. – DOI 10.37482/0536–1036–2022–3–103–118. – EDN TIKILB.
3. Bershinsky A.L., Tsvetkova N.I. *Wood cutting*. Minsk: Vysshaya shkola, 1975. 303 p.
4. Brel V.K. Principles of organizing and maintaining records of reclaimed lands under modern conditions / V.K. Brel, V.A. Shadskikh, L.G. Romanova // *Land reclamation and water management*. – 2013. – No. 4. – P. 8–10.
5. Dolmatov S.N. Justification and selection of the main parameters of the working element of a narrow-trench machine / S.N. Dolmatov, S.N. Orlovsky, S.S.Sh. Saaya // *Systems. Methods. Technologies*. – 2025. – No. 1(65). – P. 53–59. – DOI 10.18324/2077–5415–2025–1–53–59. – EDN YLAGEE.
6. Dolmatov S.N. Modeling of stress-strain states of the metal structure of the PKL–70 plow using CAD tools / S.N. Dolmatov, Ya.S. Makunina // *Agrarian scientific journal*. – 2025. – No. 8. – P. 121–130. – DOI 10.28983/asj.y2025i8pp121–130. – EDN ULZHDY.
7. Orlovsky S.N. Theoretical and experimental study of cutting forest soils with milling working bodies / S.N. Orlovsky, A.I. Karnaukhov // *Bulletin of KrasSAU*. – 2007. – No. 1. – Pp. 215–221.
8. Patent for utility model No. 234610 U1 Russian Federation, IPC E02F 9/22, E02B 11/02, E02F 5/06. Cutting apparatus for forming drainage cracks: declared. 14.01.2025: published. 03.06.2025 / S.S.Sh. Saaya, S.N. Dolmatov; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Tuva State University".
9. Strategy for the Development of the Forest Complex of the Russian Federation through 2030. Order of the Government of the Russian Federation of February 11, 2021 N 312–r. Moscow, 102 p.
10. Saaya S.S.Sh. Improving the Efficiency of Slit Drainage by Justifying the Operating Mode of Slit Drainage Machines / S.S.Sh. Saaya, S.N. Orlovsky, S.N. Dolmatov // *Systems. Methods. Technologies*. – 2024. – No. 4 (64). – P. 105–112. – DOI 10.18324/2077–5415–2024–4–105–112. – EDN BUHOFW.
11. Saaya S.Sh. Technologies for draining swamps using slit drainage / S.Sh. Saaya, S.N. Orlovsky // *Land reclamation and water management – the basis of food and environmental security: Proceedings of the Anniversary International Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th anniversary of the foundation of the A.N. Kostyakov All-Russian Research Institute of Hydrometeorology and Metrology*, Moscow, October 9–11, 2024. – Moscow: FSBSI "Federal Scientific Center of A.N. Kostyakov All-Russian Research Institute of Hydrometeorology and Metrology", 2024. – P. 398–407. – DOI 10.37738/VNIIGIM.2024.89.42.067. – EDN JEUWFQ.
12. Saaya S.Sh. Justification of the Main Parameters of a Tracked Forestry Tractor of Traction Class 4 / S.Sh. Saaya, S.N. Orlovsky, S.N. Dolmatov // *Forests of Russia and Their Management*. – 2025. – No. 1 (92). – Pp. 125–137. – DOI 10.51318/FRET.2025.92.1.014. – EDN QPPGAG.
13. Sotnikova E.S. Legal Framework for the Protection and Use of Reclaimed Lands / E.S. Sotnikova // *Bulletin of the Saratov State Law Academy*. – 2009. – No. 6. – Pp. 198–201.
14. Heikurainen L. The Influence of Forest Drainage on Growth and Removal in Finland. *Acta Forestalia Fennica*, 1961, vol. 71, no. 8, art. 7117.
15. Salitis P. *Merkopilas prieksnosa cijumi*. Riga, 2006. 217 p.