ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2025;(12-3):37–48
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 622.331:62–5 DOI: 10.25018/0236_1493_2025_123_0_37

АГРЕГАТИРОВАНИЕ ГУСЕНИЧНЫХ ТРАКТОРОВ ТЯГОВОГО КЛАССА 10 В ТЕХНОЛОГИЯХ РАЗРАБОТКИ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

А. И. Жигульская

Тверской государственный технический университет, Тверь, Россия,e-mail: 9051963@gmail.com

Аннотация: В статье рассматривается агрегатирование гусеничного трактора-болотохода тягового класса 10 даН с бульдозерным и корчевальным навесным оборудованием в технологии поверхностно-послойной добычи торфяного сырья и древесных отходов. Применение комбинированных агрегатов малыми торфодобывающими компаниями при объеме добываемого торфяного около 50 тыс. м3 позволяет повысить производительность комплекта оборудования, снизить капитальные и эксплуатационные затраты на производство, уменьшить металлоемкость комплекта. Применение комбинированного агрегата на базе серийного гусеничного трактора-болотохода со сменным навесным технологическим оборудованием обладает рядом преимуществ по сравнению с вариантом прицепного агрегатирования. Такой агрегат отличается более высокой маневренностью на рабочих площадках, сниженным расходом топлива из-за совмещения технологических операций и низкой металлоемкостью сменного навесного оборудования. Анализ рационального функционирования комбинированного агрегата производится с учетом предельных условий движения по слабым грунтам в областях допустимых режимов функционирования, определяемых размерно-массовыми характеристиками и физико-механическими свойствами торфяной залежи, торфяного сырья и древесных включений. Приведен анализ основных факторов, влияющих на производительность бульдозерного агрегата. Результаты работы могут быть использованы для обновления и технического перевооружения машинных парков малых торфяных компаний.

Ключевые слова: разработка торфяных месторождений, поверхностно-послойный способ добычи, трактор-болотоход, комбинированный агрегат, бульдозер, корчеватель, рыхлитель.

Для цитирования: *Жигульская А. И.* Агрегатирование гусеничных тракторов тягового класса 10 в технологиях разработки торфяных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2025. – № 12-3. – С. 37–48. DOI: 10.25018/0236_1493_2025_123_0_37.

Traction class 10 crawler tractor aggregation in peat field development technologies

A.I. Zhigulskaya

Tver State Technical University, Tver, Russia, e-mail: 9051963@gmail.com

Abstract: This article discusses the integration of a 10 daN traction-class tracked swamp-going tractor with bulldozer and stump-pulling attachments for surface-layer peat and wood waste

extraction. The use of combined units by small peat mining companies with a peat production volume of approximately 50,000 m^3 allows for increased equipment productivity, reduced capital and operating costs, and a reduction in metal consumption. Using a combined unit based on a standard tracked swamp-going tractor with interchangeable attachments offers several advantages over a trailer-mounted unit. This unit offers greater maneuverability on work sites, reduced fuel consumption due to the combination of process operations, and lower metal consumption due to the interchangeable attachments. An analysis of the combined unit's efficient operation is conducted taking into account the limiting conditions of movement on soft soils within the permissible operating ranges, determined by the size and mass characteristics and physical and mechanical properties of the peat deposit, peat raw material, and wood inclusions. An analysis of the main factors influencing the bulldozer unit's performance is provided. The results of this study can be used for updating and technically upgrading the machinery fleets of small peat companies.

Key words: development of peat deposits, surface mining, swamp tractor, combined aggregate, bulldozer, uprooter, ripper.

For citation: Zhigulskaya A.I. Traction class 10 crawler tractor aggregation in peat field development technologies. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2025;(12-3):37–48. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2025_123_0_37.

Введение

Одним из основных направлений горнодобывающей промышленности страны на современном этапе развития является активное техническое перевооружение с учетом наилучших доступных технологий,применение которых ориентировано на энерго- и ресурсосбережениепри минимальном воздействии на окружающую среду[1,2].

В настоящее время торфяная продукция в России производится в основном малыми торфодобывающими компаниями для агропромышленного и природоохранного направлений использования [1]. В соответствии с современным состоянием масштабом производства и перспективами развития отрасли прогнозируется использование «простых» технологий для малых торфодобывающих компаний с минимальным количеством технологического оборудования и совмещением технологических операций в рамках параллельных процессов комплексной выемки всех компонентов торфяной залежи.

Формирование рациональной структуры машинного парка торфодобывающих компаний, способного выполнять операциидобычи торфяного сырья и ремонта производственных площадей происходит с учетом: [3]

– выбора эффективных технологических схем с минимальным количеством технологического оборудования;

–определения структуры машинного парка с учетом принципа многофункциональности применяемого оборудования.

Потенциальная возможность применения бульдозерной технологии добычи торфяного сырья для агропромышленного и природоохранного направлений использования с ориентацией на снижение количества технологических операций и их совмещение – до 20–40 тыс. т. в год. Кроме того, парк машин следует формировать исходя из ограниченных трудовых ресурсов отрасли [3, 4].

Не все машинно-тракторные агрегаты могут эффективно функционировать на торфяной залежи с низкой несущей способностью.Для гусеничного трактора общего назначения тягового класса 10 даН при выполнении земле-

ройных работ на грунтах I-II категорий, наиболее вероятным является агрегатирование с бульдозерным и рыхлительным оборудованием — более 85% всех случаев.

Применение бульдозера-болотохода и усовершенствованных конструкции пассивных корчевателей и рыхлителей расширило область их применения, что позволяет в настоящее время рассматривать такое агрегатирование одним из высокоэффективных производственных процессов на открытых горных работах [5, 6].

Бульдозерные технологии широко применялись в простых процессах добычи торфяного сырья влажностью 60% для агропромышленного применения. Уборка посушенного сырья в штабели производилась скрепер-бульдозером СБТ-3 с отвалом объемом 4,6 м^3 на базе трактора Т-100 (Д-493А) [7].

Многолетний опыт работы торфяной промышленности свидетельствует о достаточно успешной эксплуатации на добыче торфа на ремонте производственных полей гусеничных тракторов класса 6–10даН, с удельным давлением под гусеницами до 30 кПа (табл. 1) [8].

Из табл. 1 следует, что тракторы тягового класса 6–10даН кроме операцийремонта производственных полей (корчевание древесных включений и глубокое фрезерования торфяной залежи) применяются при добыче торфа в качестве штабелера на операции штабелирования торфяного сырья.

При объеме земляных работ около 50 тыс. м^3 и дальности перемещения грунта до 100 м целесообразно использовать бульдозеры с тракторами тягового класса 10даН.Повысить эффективность использования гусеничных тракторов класса 10 даН можно за счет их эксплуатации в межсезонный период при обслуживании дорог и т.п., т.е. как тракторов двойного назначения. В работе [9] показано, что «применение комбинированных агрегатов позволяет снизить затраты труда на 30– 50%, расход топлива на 20–30%, металлоемкость на 20–25%, а сборы торфа повысить на 10–15%».

Целью данной статьи является анализ функциональных возможностей и конструктивных особенностей

Таблица 1
Агрегатированиетрактораттяговогокласса 6–10даН
Aggregation of tractor of traction class 10daN

Трактор	Операция	Оборудование	Способ агрегатирования
Т-100 МБ	срезка растительного слоя	бульдозер Д-493А	навесной фронтальный
Т-100 МБ	уборка торфа в штабель	бульдозер Д-493А	навесной фронтальный
Т-100 МБ	корчевание древесных включений	бульдозер Д-493А с корчевателем	навесной фронтальный
Т-130 БГ-1	корчевание древесных включений	МТП-81А	прицепной
Т-130 БГ-1	глубокое фрезерование	МТП-44А	полуприцепной
Т-130 БГ-1	глубокое фрезерование	МП-20	прицепной
Т-130 БГ-1	разравнивание поверхности	бульдозер В4	навесной фронтальный
Т-130 БГ	штабелирование торфа	бульдозер БШР-3	навесной фронтальный

использования гусеничных тракторов класса 10 даН при поверхностно-послойной добыче торфяного сырья повышенной влажности.

Особенности технологического процесса

В рамках поверхностно-послойной добычи торфяного сырья повышенной влажности бульдозерным способом производятся операции:

• разрыхления верхнего слоя торфяной залежи;

• сбора и транспортирования подсушенного разрыхленного слоя:

• штабелирования собранного торфяного сырья.

Технологические требования, которые необходимо соблюдать при уборке торфа отвалом бульдозера:

• сбор подсушенного слоя торфяного сырья из расстила на длине рабочего хода с минимальными потерями;

• избегать заметного увлажнения убираемого сырья за счет подфрезеровывания залежи отвалом бульдозера.

На функционирование бульдозерного отвала при сдвигании торфяного сырья из расстила на залежи влияют: неравномерность загрузки поля торфом, неровности поверхности в продольной плоскости поля и наличие древесных включений, выступающих из торфяной залежи.

Для снижения степени влияния этих факторов расстояние от зоны сдвигания торфа с образованием тела волочения до зоны копирования неровностей поля (копирующее устройство бульдозерного отвала) должно быть минимальным с целью обеспечения устойчивой корреляционной связи между ординатами траектории перемещения копира и кромки отвала.

Операции сбора торфяного сырья и рыхление поверхности торфяной залежи рационально осуществлять комбинированным агрегатом.

Слой разрыхленного и подсушенного торфяного сырья на поверхности поля сдвигается бульдозерным отвалом, накапливается в теле волочения и транспортируется к месту хранения. Сзади на тракторе расположен навесной пассивный ротационный рыхлитель для разрыхления поверхности торфяной залежи на глубину 20 мм.

Между рыхлением поверхности поля и сбором торфяного сырья осуществляется его подсушка в расстиле до влажности не более 65%.

Движение комбинированного рыхлительно-уборочного агрегата производится по кольцевой схеме на двух смежных технологических площадках (рис. 1).

Каждый последующий проход бульдозера в пределах однойтехнологической

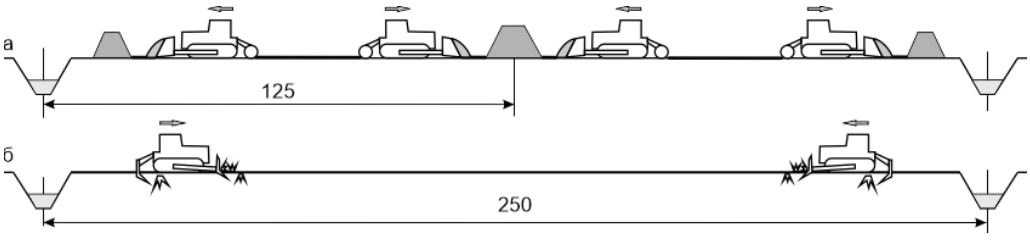

Рис. 1. Схемы применения гусеничныхкомбинированных агрегатов в процессах добычи торфа (а) и ремонта производственных площадей (б)

Fig. 1. Schemes of application of tracked combined aggregates in peat extraction processes (a) and repair of production areas (b)

площадки выполняется со смещением вдоль выработки на расстояние, превышающее ширину захвата отвала на 0,4 м.

После циклов добычи торфа проводится регулярный ремонт производственных площадей путем корчевания древесных включений из торфяной залежи. С этой целью комбинированный агрегат переоборудуется в рыхлительно-корчевательный.

Для извлечения древесных включений средних размеров массой до 30 кг используется навесной спереди на трактор отвал-корчеватель. Для извлечения крупных древесных включений массой более 70 кг используется навесной сзади на трактор пятизубый рыхлитель (рис. 1).

Масса тракторатягового класса 10 обеспечивает требуемое усилие выемки древесных включений средних размеров при рабочем ходе агрегата и постоянной глубине корчевания. Корчевание крупных древесных включений производится периодически по мере их встречаемости пятизубым рыхлителем [10].

На рис. 2 приведена блок-схема переоборудования трактора-болотохода тягового класса 10 на широких гусеницах в комбинированные агрегаты для добычи торфа или корчевания древесных включений.

На рис. 3 показаны схемные решения по агрегатированию гусеничного трактора тягового класса 10 даНв комбинированный рыхлительно-уборочный агрегат для добычи торфа или в рыхлительно-корчевательный для корчевания древесных включений.

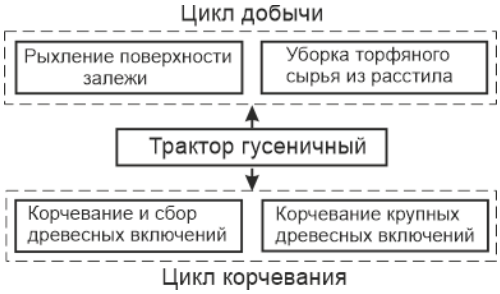

Рис. 2. Трактор-болотоход тягового класса 10 как база для агрегатирования при добыче торфа или корчевания древесных включений
Fig. 2. Swamp tractor of traction class 10 as a base for aggregation in peat extraction or woody debris removal

Оценка агрегатируемости гусеничного трактора

Положение центра давления, то есть точки приложения равнодействующей $R_д$ всех нормальных реакций грунта на гусеничный движитель, влияет на тяговые свойства агрегата, и на кпд ходовой системы. Продольная координата центра давления агрегата на грунт должна совпадать с центром опорной поверхности трактора[11].

При анализе возможности агрегатирования гусеничного трактора навесным спереди и сзади технологическим оборудованием следует учитывать положение центра масс агрегата в режиме рабочего хода и в транспорт-

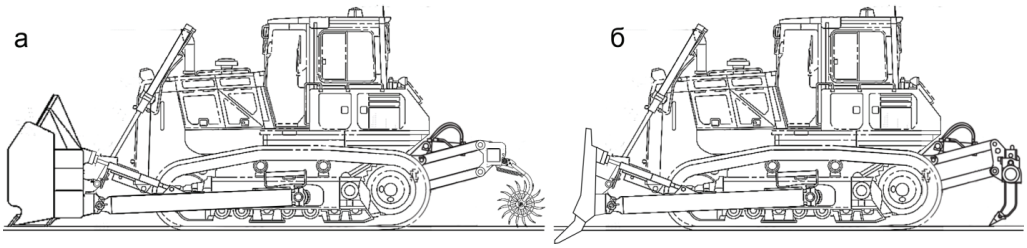

Рис. 3. Комбинированный рыхлительно-уборочный агрегат (а), комбинированный рыхлительно-корчевательный агрегат (б)
Fig. 3. Combined ripper-harvesting machine (a), combined ripper-rooting machine(b)

ном положении при поднятом навесном оборудовании. При этом происходитопределенное продольное смещение координаты центра давления агрегата от середины опорной поверхности гусениц трактора[11].

Тракторы-болотоходы класса 10 даН российского и зарубежного производства предназначенные для эксплуатации на слабых грунтах, как правило, обладают удлиненной продольной базой с семикатковой гусеничной тележкой (3225 мм), что увеличивает продольную устойчивость трактора [11] и обеспечивает навесоспособность трактора по критерию продольной устойчивости, равному 0,2 от величины продольной базы относительно задней опоры по ГОСТ 26817–86 [12].

При совпадении центра давления трактора на грунт с серединой опорной длины гусеницы эпюра нормальных реакций грунта отображается прямоугольником, то есть нагрузка на грунт по длине опорной поверхности одинакова [13].

Наиболее универсальным с точки зрения распределения веса по продольной базе трактора является применение различных систем балластирования навесного агрегата. Применение правильно определенной массы балласта приводит к снижению буксования трактора, гектарного расхода топлива [14].

При агрегатировании трактора навесной сзади рыхлитель выступает в качестве балластного груза для уравновешивания агрегата в продольной плоскости. По данным стандартов масса, навешиваемого на трактор оборудования, составляет 20–25% его эксплуатационной массы[15].

Особенностью функционирования комбинированного машинно-тракторного агрегата на слабой торфяной залежи является его низкое удельное давление на грунт в зависимости от прочностных свойств торфяной залежи.Комбинированный агрегат на базе гусеничного трактора-болотохода с навесным сменным технологическим оборудованием обладает рядом преимуществ по сравнению с прицепным агрегатированием и отличается более высокой маневренностью, сниженным расходом топлива и низкой металлоемкость навесного оборудования. Комбинированный агрегат отличается адаптивностью по условиям применения, надежности, долговечности и цены ассортимента основных машин и навесного оборудования для производства [15].

В табл. 2 и 3 приведены основные функциональные возможности комбинированныхагрегатов при добыче торфяного сырья и ремонте технологических площадей с корчеванием древесных включений [1].

При определении формы поперечного профиля отвала приняты следующие допущения [16]:

– в качестве поперечного профиля отвала рассматривается совокупность профиля ножа и криволинейного участка отвальной поверхности;

– грунт рассматривается как вязкопластичная сжимаемая среда.

Конструктивные особенности сферического универсального неповоротного бульдозерного отваласоответствуют эффективному перемещению значительных объемов торфяного сырья при относительно низких потерях при транспортировании. Сферическая форма отвала и длина изогнутой режущей кромки препятствуют заглублению отвала в грунт, при снижениисрезания сырого материала с поверхности залежи.

Рабочий цикл бульдозера состоит из формирования призмы волочения на большей части траектории гравитационного транспортирования, сброса

Таблица 2

Функциональные возможности комбинированных агрегатов на технологической площадке
Functionality of combined aggregates on the technological site

Состав оборудования	Функции	Длина хода, м
Рыхлительно-уборочный агрегат со сферическим отвалом и навесным сзади ротационным рыхлителем	Рыхление верхнего слоя залежи, сдвигание слоя торфа к штабелю	80
Рыхлительно-корчующий агрегат с корчевателем-собирателем и навесным сзади пятизубым рыхлителем	Корчевание древесных включений	120

Таблица 3

Размерно-массовые характеристики навешиваемого оборудования
Dimensional and mass characteristics of the attached equipment

Параметры	Сферический универсаль-ный неповоротный отвал	Корчеватель-собиратель	Ротационный рыхлитель
Объем призмы волочения, м³	9,7	–	–
Ширина, мм	4243	4000	4380
Высота, мм	1473	1550	1200
Масса, кг	3000	2000	600

полной нагрузки отвала у штабеля, разворота на следующий рабочий ход [17].

Согласно «ГЭСН 81–02-Пр-2001 Земляные работы» торф относится к 1-й категории грунтов в зависимости от трудности механизированной разработки при средней плотности осушенной залежи 600–900 кг/м³ [18].Среднее содержание древесных включений (пнистость) в торфяных залежах верхового типа составляет 1,5 — 3,0% [8].

По материалам компаний Caterpillar и Komatsu [19,20] тяговая нагрузка на комбинированный агрегат определяется как легкие и средние условия эксплуатации.

Эффективности функционирования агрегата в общем виде определяется продолжительностью рабочего цикла $t_ц$ [21]

$$t_ц = t_p + t_x,$$

где $t_р$ — продолжительность рабочего хода, с; $t_х$ — продолжительность холостого хода (откат, передвижение на новый участок, позиционирование), с.

Продолжительность рабочего цикла агрегата, с

$$t_ц = \frac{A}{m} + Bm,$$

где A — размерный коэффициент, кг·с;

$$A = \frac{Vk_{уд}}{gv_pk_p};$$

B — размерный коэффициент, с/кг

$$B = \frac{gfkl_x}{Nk_x},$$

где m — масса агрегата, кг; N — мощность двигателя трактора, Вт;$k_{уд}$ — удельное сопротивление при рабочем ходе, кПа; V — объем перемещаемого материала, м³; $v_р$ — рабочая скорость агрегата, м/с; g — ускорение свободного падения, м/с²; f — коэффициент сопротивления передвижению гусенич-

ного трактора; l_x — длина холостого хода агрегата, м; k_p, k_x –коэффициенты, учитывающие условия эксплуатации агрегата.

Производительность агрегата Q, на рабочем ходе, м³/с

$$Q = V / (Vk_{уд} / gv_p k_p m + m).$$

Сформированные на базе промышленногогусеничного трактора класса 10даНпо ГОСТ 27434–87комплексные агрегаты по классификации относятся к землеройно-транспортным машинам, главным параметром которых является тяговое усилие,которое в наибольшей степени определяет их технологические возможности при массе агрегата около 20 тна грунте 1-й категории по трудности механизированной разработки [22].

Оценка производительности оборудования — критически важный этап планирования организации землеройно-транспортных работ. В результате выполнения комплексных исследований [23] по фактическим измерениям производительности 65 бульдозеров Komatsu D-155 A1 выявлен (помимо типа грунта) ряд технических факторов, существенно влияющих на производительность бульдозеров на землеройно-транспортных работах:

- тип бульдозерного отвала (x_1);
- масса тела волочения грунта перед отвалом (x_2);
- уклон трассы землеройно-транспортных работ (x_3);
- дальность перемещения грунта (x_4);
- продолжительность рабочего цикла (x_5).

Обобщённая линейная смешанная модель производительности бульдозеров без учета остаточных ошибок для переменной со случайными эффектами (тип грунта) и остальных переменных с фиксированными эффектами представлена следующим образом [23]:

$$y_{ij} = 64{,}23 - 11{,}37x_1 + 6{,}86x_2 - 0{,}97x_3 - 1{,}59x_4 - 11{,}63x_5 + 30{,}38x_6,$$

где j = 1…5 — типы грунтов; i = 1…65 — количество бульдозеров.

Кроме технических параметров, в качестве влияющего фактора на анализ эксплуатационной производительности, в модели также учитывается общее состояние оператора во время работы (x_6). Этот фактор обобщенной линейной смешанной модели является комплексным фактором в рамках эргатической системы, представляющей собой комплекс — оператор-машина, в котором эксплуатационная производительность определяется согласованностью взаимодействия между оператором и бульдозером. Фактор x_6 обобщенной модели изменяется в зависимости от уровня навыков оператора («высокий», «средний», «ниже среднего» или «низкий») и условий работы в утреннее или вечернее время суток с учетом утомляемости оператора [23].

При прочих равных условиях и устоявшихся технологиях добычи полезных ископаемых действия операторов напрямую влияют на производительность машины [24, 25]

При поверхностно-послойной добыче торфяного сырья на стандартной технологической площадке в условиях конкретного типа торфяного месторождения алгоритм анализа производительности бульдозера может быть существенно упрощен.

Из влияющих факторов: тип бульдозерного отвала и дальность перемещения грунта являются постоянными; угол уклона трассы землеройно-транспортных работ равен нулю. Переменными являются: масса тела волочения грунта перед отвалом (x_2) и продолжительность рабочего цикла бульдозера (x_5), зависящие от метеорологических условий, определяющих изменение

плотности грунта с изменением его влажности.

Таким образом, упрощенную модель с небольшим набором данных можно сформулировать следующим образом с учетом основных переменных влияющих факторов:

$$y_j = y_{00} + y_{10}x_2 + y_{20}x_5 + y_{30}x_6 .$$

Проведённый анализ подтверждает актуальность дальнейшего исследования параметров функционирования бульдозера, как эргатической системы, направленного на разработку и обоснование методов повышения эффективности управления машиной за счёт совершенствования подготовки операторов с анализом комплексных критериев оценки их квалификации.

Заключение

Многолетний опыт работы торфяной промышленности свидетельствует о достаточно успешной эксплуатации на добыче торфа и на ремонте производственных полей гусеничных тракторов-болотоходов класса 6–10, с удельным давлением под гусеницами до 30 кПа. При объеме землеройно-транспортных работ около 50 тыс. м^{3}и дальности перемещения грунта до 100 м целесообразно использовать бульдозеры с тракторами тягового класса 10даН.

Применение комбинированных агрегатов на базе трактора-болотохода тягового класса 10даНпозволяет повысить производительность оборудования, снизить капитальные и эксплуатационные затраты. Гусеничный трактор-болотоход на широких гусеницах, обеспечивает продольную устойчивость комбинированного агрегата и соответствует по критерию опорной проходимости условиям эксплуатации на слабых грунтах.

Комбинированный агрегат на базе гусеничного трактора-болотохода с навесным сменным технологическим оборудованием обладает рядом преимуществ по сравнению с прицепным типом агрегатирования и отличается более высокой маневренностью, сниженным расходом топлива, и относительно низкой металлоемкостью навесного оборудования.

Анализ производительности агрегата выявил (помимо типа грунта) ряд существенно влияющих факторов,с учетом общего состояния оператора во время выполнения землеройно-транспортных работ.

Результаты работы могут быть использованы для обновления и технического перевооружения машинных парков малых торфяных компаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Михайлов А. В., Жигульская А. И., Казаков Ю. А.* Рациональная технология комплексной разработки торфяных месторождений // Горная промышленность. 2024; (1). — С. 66–69. DOI:10.30686/1609–9192–2024-l-66–69.

2. *Закондырин А. Е.* Наилучшие доступные технологии в горнодобывающем секторе: актуальные проблемы и пути их решения // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 6–1. — С. 55–64. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-61–0-55–64.

3.*Михайлов А. В., Иванов С. Л., Габов В. В.* Формирование и эффективное использование машинного парка торфодобывающих компаний // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело, №14, 2015. — С. 82–91. DOI: 10.15593/224–9923/2015.14.9.

4. *Якупов Д. Р.*, *Иванова П. В.*, *Иванов С. Л.* К вопросу оценки параметров элементов комплекса горного оборудования для отработки блоков торфяного месторождения обратным ходом // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2022. — № 10. — С. 88–103. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_10_0_88.

5. *Аргимбаев К. Р., Лигоцкий Д. Н., Логинов Е. В.* Бульдозерная технология открытой разработки известняково-доломитовых месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — No 3. — С. 16–29. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-3-0–16–29.

6. *Зюзин Б. Ф.*, *Яконовская Т. Б.*, *Жигульская А. И.* Системный подход к развитию классификации торфяных машин и оборудования // Горные науки и технологии. 2022; 7(4). — С. 320–329. DOI:10.17073/2500-0632-2022-06–06.

7. *Мякотных А. А.*, *Иванова П. В.*, *Иванов С. Л.* К вопросу классификации комплексов добычи торфяного сырья // Горная промышленность. 2023; (6). — С. 66–69. DOI:10.30686/1609-9192-2023-6-137–142.

8. *Смирнов, В. И.* Практическое руководство по организации добычи фрезерного торфа / В. И. Смирнов, А. Н. Васильев, А. Е. Афанасьев, А. Н. Болтушкин. — Тверь: ТГТУ, 2007. — 392 с.

9. *Михайлов А. В.* Масштаб торфяного производства и комплектование оборудованием // Процессы и средства добычи и переработки полезных ископаемых: сб. тр. междунар. науч.-техн. конф. — Минск, 2012. — С. 63–67.

10. *Гуськов, В. В.* Тракторы. Теория. / В. В. Гуськов, Н. Н. Велев, Ю. Е. Атаманов [и др.]; под общ. ред. В. В. Гуськова. — М.: Машиностроение, 1988. — 376 с.

11. *Селиванов Н. И., Кузьмин Н. В.* Агрегатируемость гусеничного трактора с почвообрабатывающими машинами // Вестник КрасГАУ, 2007, №3. — С. 189–193.

12. *Лысов А. М.*, *Каюмов Р. А.* Оценка агрегатируемости гусеничного трактора с навесными орудиями по его навесоспособности // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2006. — № 5. — С. 42–43.

13.*Гайнуллин И. А.* Экспериментальное исследование влияния скорости движения гусеничного трактора на уплотнение почвы // Международный научно-исследовательский журнал, № 03 (57), Часть 4. — С.29–31. DOI:10.23670/IRJ.2017.57.021.

14. *Захаров А. В.*, *Бондаренко И. И.*, *Клоков Д. В.*, *Захарова И. О.* Особенности определения массы балластных грузов колесного трактора тягового класса 5 //Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2024;1(57). — С. 312–315.

15. *Бердов Е. И.*, *Алябьев В. А.*, *Щепетов Е. Г.* Влияние изменения положения центра давления на тягово-сцепные качества гусеничного трактора двойного назначения// Достижения науки и техники АПК, №9, 2012. — С. 71–74.

16. *Болдовская Т. Е., Завьялов А. М.* Аналитическое обоснование выбора поперечного профиля бульдозерного отвала // Вестник СибАДИ, 2004. №1. — С.168–170.

17 *Klanfar M., Korman T., Kujundžić T.* Fuel consumption and engine load factors of equipment in quarrying of crushed stone. Tehničkivjesnik 23, 1 (2016), 163–169. DOI: 10.17559/TV-20141027115647.

18. Техническийанализторфа/ Е. Т. Базин, В. Д. Копенкин, В. И. Косовидр. Подобщ. ред. Е. Т. Базина. — М.: Недра, 2992. — 431 с.

19. Caterpillar performance handbook: USA: Caterpillar Inc., SEBD0351–49. 2019. 2438 p.

20. Komatsu. Specification & Application Handbook — edition 32, Komatsu Ltd, Tokyo, 2019. 1029 p.

21. *Баловнев В. И.* Подобие и моделирование в системе проектирования дорожно-строительных машин. — М.: МАДИ, 2014. — 148 с.

22. *Баловнев В. И.* Определение оптимальных параметров и выбор землеройных машин в зависимости от условий эксплуатации. — М.: МАДИ (ГТУ). 2010. — 134 с.

23. *A. Rashidi, H. Rashidi Nejad, Marcel Maghiarю*.Productivity Estimation of Bulldozers using Generalized Linear Mixed Models. KSCEJournalofCivilEngineering (2014) Vol. 18, No. 6 :1580–1589. DOI: 10.1007/s12205-014-0354-0.

24. *Великанов В. С.* Исследование связи между коэффициентом управления и квалификацией машиниста экскаватора / В. С. Великанов, С. С. Великанова // Технологиче-

ское оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. науч. тр. — Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГГУ». 2009. — С. 24–28.

25. *Кольга, А. Д.* Обоснование рациональных режимов эксплуатации выемочно-погрузочных машин / А. Д. Кольга, Р. Х. Шарипов // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. — Магнитогорск, 2010. — С. 181–184. ГИАБ

REFERENCES

1. Mikhailov A. V., Zhigulskaya A. I., Kazakov Yu.A. Rational technology for integrated mining of peat deposits. *Russian Mining Industry*. 2024;(1):66–69. [In Russ.] https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-1-66–69

2. Zakondyrin A. E. Best Available Techniques in mining industry: topical issues and solution methods . *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(6–1):55–64. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-61–0-55–64.

3. Mikhailov A. V., Ivanov S. L., Gabov V. V. Creation and efficient operation of machine fleet in peat-processing companies. Bulletin of PNRPU. *Geology. Oil & Gas Engineering & Mining*, 2015, no. 14, pp. 82–91. DOI: 10.15593/2224–9923/2015.14.9

4. Iakupov D. R., Ivanova P. V., Ivanov S. L. Estimate of parameters of retreat cutting equipment components for peatlands. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(10):88–103. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_10_0_88.

5. Argimbaev K. R., Ligotsky D. N., Loginov E. V. Bulldozer-based technology for open pit mining of limestone–dolomite deposits. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(3):16–29. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-3-0–16–29.

6. Zyuzin B. F., Yakonovskaya T. B., Zhigulskaya A. I. A systematic approach to the peat machines and equipment classification development. *Mining Science and Technology* (Russia). 2022;7(4):320–329. https://doi.org/10.17073/2500-0632-2022-06–06.

7. Myakotnykh A. A., Ivanova P. V., Ivanov S. L. On classification of peat extraction complexes. *Russian Mining Industry*. 2023;(6):137–142. [In Russ.]. DOI: 10.30686/1609-9192-2023-6-137–142.

8. Smirnov V. I., Vasilyev A. N., Afanasyev A. E., Boltyushkin, A. N. (2007). Practical guide to the organization of peat harvesting. Tver: TGTU. 392 p.

9. Mikhailov A. V. (2012). The scale of peat production and equipment комплектование. In Proceedings of the International Scientific and Technical Conference «Processes and Equipment for Mining and Processing of Minerals». Minsk, pp. 63–67.

10. Guskov V. V., Velev N. N., Atamanov Y. E. Tractors. Theory. Moscow: Mashinostroenie. 1988. 376 p.

11. Selivanov, N. I., & Kuzmin, N. V. (2007). Compatibility of a tracked tractor with tillage machines. KrasSAU Bulletin, (3), pp. 189–193.

12. Lysov A. M., Kayumov R. A. (2006). Assessment of the compatibility of a tracked tractor with mounted implements based on its carrying capacity. Tractors and Agricultural Machines, (5), pp. 42–43.

13. Gaynullin, I. (2017). Experimental research of caterpillar tractor's speed influence on soil compaction. *International Research Journal*, 3(57). P. 29–31. [In Russ.] DOI: 10.23670/IRJ.2017.57.021

14. Zakharov A. V., Bondarenko I. I., Klokov D. V., Zakharova I. O. Features of determination of weight of ballast cargoes of traction class 5 wheel tractor. Mechanization and Electrification of Agriculture. 2024;1(57):312–315. [In Russ.]

15. Berdov E. I., Alyabiev V. A., Shchepetov E. G. (2012). Influence of changing the position of the center of pressure on the traction and adhesion qualities of a dual-purpose tracked tractor. Achievements of Science and Technology of AIC, (9), pp. 71–74.

16. Boldovskaya T. E., Zavyalov A. M. (2004). Analytical justification for selecting the cross-sectional profile of a bulldozer blade. *Vestnik SibADI*, (1), pp. 168–170.

17. Klanfar M., Korman T., Kujundžić T. Fuel consumption and engine load factors of equipment in quarrying of crushed stone. Tehničkivjesnik 23, 1 (2016), 163–169. DOI: 10.17559/TV-20141027115647.

18. Tekhnicheskij analiz torfa/ E. T. Bazin, V. D. Kopenkin, V. I. Kosov i dr. Moscow, Nedra, 2992. 431 s.

19. Caterpillar performance handbook: USA: Caterpillar Inc., SEBD0351–49. 2019. 2438p.

20. Komatsu. Specification & Application Handbook edition 32, Komatsu Ltd, Tokyo, 2019. 1029 p.

21.Balovnev V. I. (2014). Similarity and modeling in the system of road construction machinery design. Moscow: MADI. 148 p.

22.Balovnev V. I. Opredelenieoptimal'nyhparametrovivyborzemlerojnyhmashin v zavisi mostiotuslovijekspluatacii. Moscow: MADI. 2010. 134 p.

23. A. Rashidi, H. Rashidi Nejad, Marcel Maghiarю.Productivity Estimation of Bulldozers using Generalized Linear Mixed Models. KSCE Journal of Civil Engineering (2014) Vol. 18, no. 6 :1580–1589. DOI: 10.1007/s12205-014-0354-0.

24. Velikanov V. S. Issledovanie svyazi mezhdu koefficientom upravleniya i kvalifikaciej mashinista ekskavatora. V. S. Velikanov, S. S. Velikanova. Tekhnologicheskoe oborudovanie dlya gornoj i neftegazovoj promyshlennosti: sb. nauch. tr. Ekaterinburg: GOU VPO «UGGU». 2009. S. 24–28. [in Russian].

25. Kol'ga, A. D. Obosnovanie racional'nyh rezhimov ekspluatacii vyemochno-pogruzochnyh mashin. A. D. Kol'ga, R. H. SHaripov. Dobycha, obrabotka i primenenie prirodnogo kamnya: sb. nauch. tr. Magnitogorsk, 2010. S. 181–184.[in Russian].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Жигульская Александра Ивановна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологических машин и оборудования; ORCID ID: 0000-0003-4350-7314, e-mail: 9051963@gmail.com, Тверской государственный технический университет, 170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22, Россия.
Для контактов: *Жигульская Александра Ивановна*, e-mail: 9051963@gmail.com.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Zhigulskaya A. I., Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Technological Machines and Equipment; ORCID ID: 0000-0003-4350-7314, e-mail: 9051963@gmail.com, Tver State Technical University, 22, Nab. Afanasia Nikitina, Tver, Russia, 170026.
Corresponding author: *A. I. Zhigulskaya*, e-mail: 9051963@gmail.com

Получена редакцией 23.06.2025; получена после рецензии 17.11.2025; принята к печати 24.11.25.
Received by the editors 23.06.2025; received after the review 17.11.2025; accepted for printing 24.11.25.