

## ПРИМЕНЕНИЕ МАШИНОТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ С АКТИВНЫМИ ПРИЦЕПНЫМИ МОДУЛЯМИ ПРИ ВНУТРИМАССИВНОМ ТРАНСПОРТЕ ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ

*Грудинин Николай Николаевич,  
инженер, Санкт-Петербургский Горный Университет,  
Кремчев Ельдар Абдоллович,  
зав. каф. метрологии и управления качеством, Санкт-Петербургский Горный Университет*

**Аннотация.** Статья посвящена исследованиям в области применения машинотракторных агрегатов с активными прицепными модулями в условиях низкой несущей способности торфяной залежи. Актуальность предмета исследования заключается в полном рассмотрении всех аспектов касающихся транспортной схемы торфяного предприятия при использовании Тр-ПМТА как единого универсального комплекса транспортных машин на колесном ходу. Рассмотрена транспортная концепция модульного торфяного предприятия, в которой можно выделить два основных направления использования Тр-ПМТА. Представлены группы показателей для выбора трактора-тягача и прицепа. Представлены методики расчета времени оборота машинотракторного агрегата при внутримассивном транспорте торфяного сырья, и расчета требуемого количества Тр-ПМТА задействованных на вывозке торфяного сырья. Для решения вопросов, связанных со схемами движения транспортных машин, был рассмотрен метод с использованием системы навигации транспортных машин и геоинформационной системы конкретного месторождения.

**Ключевые слова:** Машинотракторный агрегат, транспортировка, транспортная концепция, торфяное сырье, торфяное предприятие.

## APPLICATION OF TRACTOR UNITS WITH ACTIVE TRAILING MODULES FOR TRANSPORT OF PEAT RAW MATERIALS

*Grudinin Nikolay Nikolaevich,  
engineer, Saint-Petersburg Mining University,  
Kremcheev Eldar Abdollovich,  
Head of the Dept. of Metrology and quality control, Saint-Petersburg Mining University*

**Abstract.** The article is devoted to research in the field of application of tractor units with active trailing modules in conditions of low bearing capacity of a peat deposit. The relevance of the research is to fully consider all aspects of the transport scheme of the peat enterprise with using Tr-PMTA as multipurpose transport units. The transport concept of a modular peat enterprise consists of two main directions of using Tr-PMTA. The groups of indicators for selecting tractor and trailer are presented in article. The methods for calculating the turnaround time of the tractor unit for transportation of peat raw materials, as well as the required number of Tr-PMTA used for the export of peat raw materials are presented. To solve problems related to traffic patterns of transport vehicles, a method was considered using a navigation system for transport vehicles and a geo-information system of a particular field.

**Key words:** Tractor unit, transportation, transport concept, peat raw materials, peat enterprise.

Теоретические исследования и натурные эксперименты показали [3, 5, 6, 7, 8, 9, 14, 15], что основными компоновочными схемами пневмоколесных машинно-тракторных агрегатов, применение которых возможно в условиях низкой несущей способности торфяной залежи, являются: колесный трактор с двухосным прицепом; колесный трактор с одноосным или тандемным полуприцепом; колесный трактор с двухосным прицепом или полуприцепом, с приводными колесами. Последняя схема является перспективной и в настоящих условиях

не может быть реализована ввиду отсутствия серийного производства активных прицепов и полуприцепов, удовлетворяющих требованиям разработанной технологической схемы.

Для оценки возможностей реализации на практике транспортной схемы на основе пневмоколесных транспортных машинотракторных агрегатов (далее Тр-ПМТА) был проведен комплекс полевых экспериментальных исследований торфяных залежей в различном состоянии (по степени осушения) с целью оценки их несущей способности и перспективности реализации транспортной схемы на новом технико-технологическом уровне [5, 6].

В результате проведенных исследований установлено, что даже при неудовлетворительном состоянии системы осушения производственных полей месторождения, несущая способность торфяной залежи, достигнутая в результате ее уплотнения в годы эксплуатации, достаточна для движения колесных тракторов и прицепов со сдвоенными колесами [2, 3, 5, 6, 15]. Для модульного торфяного производства, при построении транспортной схемы, следует считать возможной организацию внутримассивного транспорта торфяного сырья и его вывозки на переработку с использованием единого универсального комплекса транспортных машин на колесном ходу на основе Тр-ПМТА.

Многофункциональность оборудования транспортного модуля позволяет избежать простоев оборудования по технологическим причинам и повысить эффективность его эксплуатации в первую очередь по удельным энергозатратам на транспортирование. Круглогодичная работа транспортного модуля на операциях добычи торфяного сырья и внешних транспортных операциях обеспечивает постоянную загруженность техники и персонала, что является существенным социальным аспектом. Использование в транспортном модуле (при реализации стадийной технологии экскаваторной добычи торфяного сырья) комплекса транспортных машин на колесном ходу на основе единого Тр-ПМТА видится экономически целесообразным и обоснованным решением [3, 5, 6, 7, 8, 9, 14, 15].

В транспортном модуле торфяного предприятия следует выделить два основных направления использования Тр-ПМТА: внутримассивный транспорт торфяного сырья; транспорт торфяного сырья до перерабатывающего модуля.

Рациональное состояние технологического процесса добычи торфяного сырья по предлагаемой схеме достигается реализацией транспортной концепции, где перемещение сырья осуществляется в тот момент, когда в последующей операции уже использована «единица» торфяного сырья, т.е. транспортная операция инициируется последующей операцией производственного цикла. Такая система, основанная на внутреннем спросе,

показывает большую эффективность в отличие от принятой в настоящее время выталкивающей системы, в которой материалы перемещаются по межоперационному циклу производственного процесса независимо от реальной потребности в них (например, сформированный штабель фрезерного торфа не отражает реальную потребность перерабатывающего предприятия).

При выборе трактора-тягача и прицепа Тр-ПМТА, руководствуясь рекомендациями ГОСТ 2.116-84 «Карта технического уровня и качества продукции», при балльной оценке в процессе комплектации Тр-ПМТА для торфодобывающего предприятия в карте технического уровня предлагается применять следующие группы показателей: показатели назначения; показатели надежности (безотказности, долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости); эргономические показатели; показатели технологичности; показатели унификации; экологические показатели; показатели безопасности; экономические показатели.

При выборе оборудования транспортного модуля необходимо поэтапно выполнить следующие работы: определить условия эксплуатации техники; на основе экспертного подхода произвести выбор и обоснование номенклатуры показателей, определяющих технический уровень техники; выявить лучшие сопоставимые отечественные и зарубежные аналоги серийно выпускаемых машин оборудования и выбрать базовый образец; экспертной оценкой определить численные значения показателей качества оцениваемой техники и базового образца; осуществить выбор метода оценки технического уровня транспортных машин и оборудования; получить результат оценки и принять решение.

Расчет суммы баллов с учетом коэффициента значимости позволяет получить наиболее рациональное сочетание (для сложившегося рынка техники) колесный трактор – прицеп для заданных условий эксплуатации Тр-ПМТА.

Исследованиями установлено, что наилучшие технико-экономические показатели в торфяной отрасли могут быть получены при использовании 2-х групп колесных тракторов, имеющих, соответственно, двигатель мощностью 90-110 и 130-150 кВт [10, 11, 12, 13]. Несмотря на получаемые более низкие, в сравнении с гусеничными тракторами, тягово-эксплуатационные показатели, в целом, эффективность применения колесных тракторов может быть выше гусеничных за счет рационального выбора параметров прицепа и обеспечения рациональной загрузки оборудования в течение года. Необходимый объем кузова прицепа определяется несущей способностью торфяной залежи и тягово-сцепными свойствами тягача Тр-ПМТА.

Серийно производимые самосвальные тракторные полуприцепы и прицепы, как правило, имеют цельнометаллические кузова прямой геометрии с открывающимся задним

бортом. С целью обеспечения большей маневренности машинно-тракторного агрегата и лучших сцепных свойств машины следует выбирать полуприцепы и прицепы с возможно наименьшей колесной базой.

Адаптацию прицепов к эксплуатации на торфяной залежи, обладающей низкой несущей способностью, следует, как и для тракторов, производить путем применения спаренных колес. Использование арочных шин повышенной проходимости в данном случае возможно, но ограничено, поскольку в соответствии с предлагаемой транспортной концепцией предполагается выход техники на дороги с твердым покрытием, где будет происходить повышенный износ тонкостенной оболочки и протектора арочной шины. Кроме того, при разработке мелкоконтурных участков торфяных месторождений весь внутримассивный транспорт возможно осуществлять торфяным погрузчиком на пневмокатках по аналогии с применением погрузочно-доставочных машин на рудниках. В этом случае выход Тр-ПМТА на торфяное основание с малой несущей способностью будет практически ограничен.

В случае неполного использования грузоподъемности прицепа, при условии достаточного запаса по тягово-сцепным характеристикам машинно-тракторного агрегата, возможно увеличение высоты бортов и, как следствие, уменьшение количества единиц техники в транспортном модуле предприятия.

Адаптация серийных транспортных машин к конкретным условиям торфяного производства заключается, в основном, в конструктивном изменении кузовов тракторных тележек с целью полного использования мощности машинно-тракторного агрегата, а также в мероприятиях по уменьшению давления агрегата на залежь. Одна из последних работ в области оценки взаимодействия пневмоколесного движителя с торфяной залежью выполнена в ТвГТУ [4, 15].

Время оборота Тр-ПМТА при внутримассивном транспорте торфяного сырья или при вывозке из штабеля на переработку определяется следующим образом:

$$T = (t_{\text{п}} + t_{\text{р}} + t_{\text{г}} + t_{\text{нр}}) \cdot 1,2, \quad (1)$$

где  $t_{\text{п}}$  и  $t_{\text{р}}$  – время погрузки и разгрузки Тр-ПМТА, мин.;  $t_{\text{г}}$  и  $t_{\text{нр}}$  – время движения транспорта в груженом и порожнем рейсах, мин. Величины, входящие в выражение 1, определяются расчетным путем или в результате хронометражных наблюдений. Коэффициент 1,2 является коэффициентом запаса.

Для полного использования производительности погрузочных машин необходимо определить требуемое количество Тр-ПМТА, задействованных на вывозке торфяного сырья ( $i$ -той операции):

$$N_{\text{Тр-ПМТА}} = 1 + \frac{Q_{\text{п}} \cdot T}{60 \cdot V}, \quad (2)$$

где  $V$ - емкость кузова прицепа Тр-ПМТА, м<sup>3</sup>.

Расчетная продолжительность цикла работы Тр-ПМТА на вывозке торфяного сырья должна быть равна или меньше суммарного времени погрузки остальных задействованных Тр-ПМТА:  $T \leq N_{\text{ПМТА}i} \cdot t_{\text{п}}$ .

Дальность вывозки торфяного сырья до перерабатывающего модуля при использовании Тр-ПМТА лимитируется только в зимнее время и только для торфяного сырья повышенной влаги, когда возможно его примерзание к кузову транспортной машины. Однако известны случаи организации транспорта торфа натуральной влажности при отрицательных температурах на расстояние до 40 км [1].

Применение унифицированного агрегата, адаптированного для внутримассивного транспорта торфяного сырья и его вывозки на перерабатывающее предприятие, позволит снизить затраты на эксплуатацию и ремонт техники. А также повысит надежность транспортной схемы [5, 6, 8, 9, 15].

Перевозки на расстояния, большие, чем это необходимо, или создание временных мест размещения, хранения и складирования торфяного сырья, лишние перемещения его с места на место - все это будет приводить к потерям времени и энергии. Кроме того, размещение сырья в местах временного хранения повышает вероятность потери качества от намокания или промерзания, хищений, мешает нормальному движению материальных потоков внутри предприятия.

При решении вопросов по организации схем движения транспортных машин как внутримассивного, так и внешнего транспорта по торфяной залежи с целью снижения вероятности возникновения отказов транспортной схемы по условиям проходимости предложен подход, основанный на организации динамически изменяющихся или постоянно действующих технологических коридоров, занесенных в систему навигации транспортных машин и взаимоувязанных с ГИС конкретного месторождения где управляющий модуль торфяного предприятия лимитирует количество проходов транспортной машины по технологическому коридору (трассе), обеспечивая необходимые условия по рациональному использованию несущей способности залежи. Указанный подход реализован в разработанном программном комплексе [16] предназначенном для управления технологическим процессом добычи крошкообразного торфяного сырья с учетом массива ГИС данных месторождения и реальных метеоусловий.

### **Список литературы:**

1. Баталов А.П. Расчет нагрузок на стены бункеров цилиндрической формы / А.П. Баталов, Э.А. Кремчеев // Записки Горного института. - 2008. - Т.178. – С. 31-34.
2. Гиршин М.Е. Тяговые показатели трактора Т-150К на торфяной залежи / М.Е. Гиршин, Б.А. Латинский // Труды ВНИИТП. Вып. 65. - Л. 1990. - С. 63-69.
3. Исследование проходимости и тягово-сцепных свойств колесных тракторов МТЗ в условиях торфодобычи и разработка рекомендаций по их повышению: отчет о НИР: х/д №1560/95 / Г.В. Казаченко, Г.А. Таяновский, Г.А. Басалай. - Минск: БГПА, 1996. - 99 с.
4. Казаченко Г.В. О статической устойчивости горных машин на колесном ходу / Г.В. Казаченко, Г.А. Басалай, Э.А. Кремчеев // Сборник трудов Международной научно-технической конференции посвященной 80-летию со дня рождения заслуженного работника высшей школы Беларуси, доктора технических наук, профессора Кислова Николая Владимировича «Процессы и средства добычи и переработки полезных ископаемых» 17-20 апреля 2012 г. - Минск: БНТУ, 2012. - С. 253-258.
5. Кремчеев Э.А. Организация транспорта торфа на торфопредприятии «Саккала» с круглогодичной технологией добычи / Э.А. Кремчеев, Д.О. Нагорнов // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: Материалы 6-ой международной конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Т. 1. - Тула: ТулГУ, 2010. - С. 142-150.
6. Кремчеев Э.А. Принципы построения транспортного модуля торфяного предприятия с карьерной технологией добычи / Э.А. Кремчеев, А.В. Михайлов, Д.О. Нагорнов // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2011. - № 7. - С. 75-81.
7. Лукьянчиков А.Н. Классификация торфяных машинно-тракторных агрегатов / А.Н. Лукьянчиков, В.Е. Харламов // Вопросы проектирования и эксплуатации наземного колесного транспорта. Межвузовский сборник научных трудов, вып. 3. - Тверь:ТГТУ, 2010. - С. 61.
8. Малков Л.М. Анализ факторов производительности транспортного комплекса в схеме с раздельной уборкой / Л.М. Малков, Н.В. Кузнецов, А.И. Галкин // Труды ВНИИТП. Вып.58. - Л.,1987. - С. 16-23.
9. Малков Л.М. Транспорт фрезерного торфа в технологической схеме добычи с раздельной уборкой. / Л.М. Малков, Н.В. Кузнецов, В.П. Шейде, А.И. Гаглкин, И.Л. Калинин, В.М. Юрков // Торфяная промышленность. - 1987. - № 12. - С. 5-6.
10. Научное обеспечение использования местных торфяных топливно-энергетических ресурсов и органических отходов для производства окускованных твердых топлив: Отчет о НИР; № ГР 01201175903 / С.В. Ковшов, А.Н. Никулин, Э.А. Кремчеев и др. Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». - СПб, 2013. - 87 с.
11. Расширение использования торфа в малой энергетике в рамках реализации ЭС 2030, как перспективного местного вида топлива для развития систем теплоснабжения изолированных потребителей на уровне муниципальных образований в торфообеспеченных регионах РФ: Отчет о НИР; № ГР 01201062471 / А.В. Михайлов, Э.А. Кремчеев, Д.О. Нагорнов и др. Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». - СПб, 2012. - 85 с.
12. Снижение сроков восстановления промышленных запасов региональных торфяных энергоресурсов применением новых технологий добычи: Отчет о НИР; № ГР 0120106247 / Д.О. Нагорнов, Э.А. Кремчеев. СПГТИ (ТУ). - СПб, 2011. - 50 с.
13. Технологическое обеспечение круглогодичного производства качественного торфяного топлива для региональных кластеров малой энергетики: Отчет о НИР; № ГР 01201062473 / Э.А.Кремчеев, Д.О.Нагорнов и др. Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». - СПб, 2012. - 84 с.

14. Яблонев А.Л. Некоторые экономические аспекты, касающиеся проблемы транспорта торфа / А.Л. Яблонев // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. - 2011. - № 3. - С. 48-51.
15. Яблонев А.Л. Обоснование и выбор параметров пневматического колесного хода агрегатов по добыче торфа: автореф. дис...д-ра техн. наук: 05.05.06 / Яблонев Александр Львович. ТвГТУ. - Тверь, 2012. - 329 с.
16. Пат. 2016662133 РФ. Управление обезвоживанием торфа при экскаваторной добыче: прогноз и моделирование / Кремчеев Э. А. и др. // - 2016.