

УДК 622.331:622.271.9

В. И. СМЕРНОВ, О. С. МИСНИКОВ, О. В. ПУХОВА (Тверской ГТУ)

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ГРАДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УЧАСТКОВ ДОБЫЧИ ФРЕЗЕРНОГО ТОРФА



В. И. СМЕРНОВ,
доцент,
канд. техн. наук



О. С. МИСНИКОВ,
зав. кафедрой,
д-р техн. наук



О. В. ПУХОВА,
доцент,
канд. техн. наук

Изложены результаты исследований технологии и организации добычи фрезерного торфа в современных условиях функционирования отрасли. Обоснована расчетами и рекомендована градация (классификация) объектов торфодобычи на производственно-технологические участки в зависимости от их годовой (сезонной) мощности по добыче конечного продукта — фрезерного торфа. Дано описание технологии и оптимального технического оснащения производственных участков, являющихся основными структурными подразделениями торфодобывающих компаний. Результаты исследований рекомендовано использовать в проектировании для оптимизации финансовых вложений в развитие отрасли.

Ключевые слова: добыча торфа, фрезерный торф, производственные участки, параметры, годовая (сезонная) мощность, технология, штабелирование, градация участков.

В соответствии с утвержденными в 1986 г. и действующими в настоящее время в РФ нормами технологического проектирования (НТП), оптимальная мощность производственного участка по добыче фрезерного торфа установлена в объеме 150–200 тыс. т в год готовой продукции при условной влажности 40 или 55 % [1]. Нормами определено также, что производственный участок включает 2–3 рабочие площадки, представляющие часть площади, которая обслуживается одним комплектом из 3–5 бункерных уборочных машин. При этом часовая или суточная производительность других машин в комплекте должна соответствовать производительности всех уборочных машин, т. е. должны быть выдержаны следующие условия:

$$S_{\text{ф}} N_{\text{ф}} \geq S_{\text{у}} N_{\text{у}}; S_{\text{в}} t_{\text{в}} N_{\text{в}} \geq S_{\text{у}} t_{\text{у}} N_{\text{у}}; S_{\text{вл}} t_{\text{вл}} N_{\text{вл}} \geq S_{\text{у}} t_{\text{у}} N_{\text{у}},$$

где S — эксплуатационная производительность технологических машин, га/ч (индексы означают: «ф» — фрезеры, «у» — уборочные машины, «в» — ворошилки, «вл» — валкователи); N — чис-

ло машин в комплекте; t — расчетное (принятое) число часов работы соответствующих машин в сутки; $n_{\text{в}}$ — число ворошений за одни сутки.

В настоящее время объем добычи фрезерного торфа в России в сравнении со второй половиной прошлого века многократно снизился и, например, в 2011 г. составил всего около 2 млн т. Добычей торфа в настоящее время занимаются около 340 компаний, из них 52 % добывают ежегодно менее 5 тыс. т; 39 % — от 5 до 10 тыс. т; 3 % — от 10 до 20 тыс. т; 3 % — от 20 до 40 тыс. т; 2 % — от 40 до 60 тыс. т и только 1 % — свыше 60 тыс. т [2]. В связи с этим в некоторых работах предлагают проводить разделение не по мощности участков, а торфодобывающих компаний — на мелкие, средние и крупные, и в зависимости от масштаба добычи рекомендуют конкретные технологические схемы с применением соответствующих машин [2]:

- простые технологии (бульдозерные, экскаваторные) — при мелком масштабе производства до 10 тыс. т/год;
- интенсивные технологии (пневматическая уборка) — при среднем масштабе производства до 40 тыс. т/год;
- высокоинтенсивные технологии (раздельная уборка) — при крупном масштабе производства более 60 тыс. т/год.

При этом для торфодобывающих компаний с небольшими объемами добычи торфа (до 10 тыс. т) рекомендована технологическая схема с применением скреперов-бульдозеров [2], которую широко применяли и применяют в настоящее время при добыче торфа влажностью выше 70 % для его дальнейшего использования в сельскохозяйственном производстве в качестве источника органических компонентов почвы.

Что касается добычи в сравнительно небольших объемах фрезерного торфа для приготовления различного рода удобрительных смесей и их реализации в пакетах через торговую сеть, то в этих целях необходим качественный состав торфа с влажностью не выше 60 %. Таким образом, для обоснования технологии добычи фрезерного торфа необходимо четко определить, какой смысл закладывается в понятия «интенсивная» и «высокоинтенсивная» технология. Если термин «интенсивность» относится

только к производительности, то это направление связано с применением соответствующей техники высокой производительности, а если к интенсивности сушки, то здесь необходимо учитывать в комплексе климатические условия региона, технологию добычи и качественные характеристики добываемого торфа, прежде всего — влажность [3–6]. Идеальный вариант — интеграция двух направлений с максимальным учетом всех параметров.

Например, применяемую в России и за рубежом [7] технологию добычи фрезерного торфа с отдельной уборкой некорректно связывать только с повышением производительности технологического оборудования или только с интенсификацией сушки. С одной стороны, эта технология позволяет заменить приблизительно от 5 до 10 бункерных уборочных машин одним подборщиком-погрузчиком, с другой — более эффективно использовать климатические условия сезона. При этом реализация технологии отдельной уборки экономически целесообразна только при больших объемах добычи торфа — не менее 50 тыс. т/год. Разработанная во ВНИИТП в 1980-х годах технологическая схема организации процесса с отдельной уборкой фрезерного торфа предусматривала использование уборочных машин (подборщик-погрузчик торфа из валков) с технической производительностью 1000 м³/ч, а в перспективе — до 2500 м³/ч (реализована и широко используется на торфопредприятиях Финляндии). Поэтому к участкам с большой мощностью следует относиться только те, на которых программа добычи торфа может быть обеспечена по условию полной загрузки подборщика-погрузчика при его работе в одну смену с минимальной технической производительностью 1000 м³/ч.

По мнению авторов, объемы добычи фрезерного торфа целесообразно классифицировать не по компаниям, а по производственным участкам, так как одна компания может добывать торф на нескольких участках. В основу расчетов объемов производства положена типовая схема добычи фрезерного торфа с использованием бункерных уборочных машин. В проекте организации технологического процесса следует предусматривать не только multifunctional машины высокой производительности, но и выпускаемую в настоящее время технику небольшой производительности. К наиболее перспективным предложениям на этом рынке, при небольших объемах добычи, можно отнести бункерную уборочную машину МТФ-43АК (рис. 1).



Рис. 1. Бункерная уборочная машина МТФ-43АК

Типовую схему организации добычи фрезерного торфа с применением бункерных уборочных машин предложено дополнить формированием укрупненных штабелей готовой продукции вне торфяного месторождения (рис. 2), что позволит организовать круглогодичную поставку торфяного сырья потребителю [8]. Объем бункера уборочной машины составляет 20 м³, что позволяет убрать два валка (в традиционной схеме убирают один валок). Машина выполняет рабочий проход по валку карты 1, 2, 3, 4, 5, 6, продолжает вдоль валового канала и выполняет еще один рабочий проход через карту 1', 2', 3', 4', 5', 6'. Затем торф транспортируют в штабель, находящийся за пределами технологической

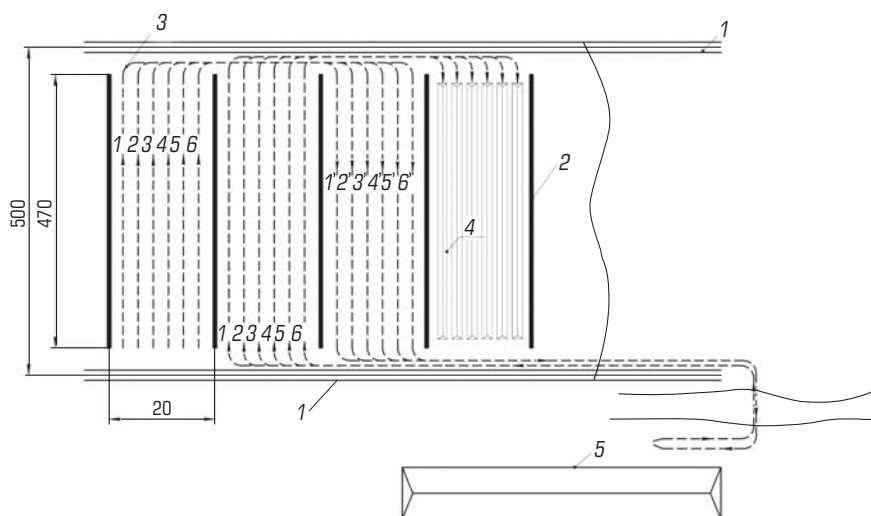


Рис. 2. Технологическая схема работы бункерных уборочных машин на технологической площадке торфяного месторождения верхового типа:

1 — валовые каналы; 2 — картовые каналы; 3 — рабочие проходы уборочных машин; 4 — валки с фрезерным торфом для его уборки; 5 — штабель за пределами площадки с убранным торфом (цифрами и стрелками на картах показаны номера убираемых валков и направление движения уборочной машины)



Технологическая площадка добычи фрезерного торфа

площадки в месте, удобном для последующей его вывозки потребителю. В традиционной схеме штабеля располагают на технологической площадке вдоль валовых каналов, что затрудняет вывозку торфа, особенно в летний период, так как бункерные уборочные машины дополнительно используют в качестве транспортных средств в технологическом цикле.

Границы между участками малой и средней мощности следует устанавливать по количеству фрезерного торфа, которое может убрать один комплект из 3–5 уборочных машин МТФ-4ЗАК при работе в две смены и вывезти в укрупненные штабеля за пределы технологической площадки. В расчетах градации производственных участков по объему добываемого фрезерного торфа приняты условия, типичные для большинства торфяных месторождений европейской части России: тип бункерных уборочных машин — МТФ-4ЗАК; тягач-трактор МТЗ-1221 мощностью 96 кВт; число машин в комплекте — 4; тип залежи — верховой; средняя степень разложения — 25 %; пнистость — 1,6 %; валкователь — ВТ-9,8 с тремя секциями.

Средний цикловой сбор рассчитывают с учетом остатков высушенного торфа от предыдущего цикла и неравномерности расстила крошки [7]:

$$q_{\text{ср}} = (a_1 q_{\text{ц.з}} + a_2 q_{\text{ц.с}}) \frac{K_i}{K_h}, \text{ т/га,}$$

где a_1, a_2 — доля циклов в сезоне, соответственно, после осадков и при выполнении второго и последующих циклов после осадков (по данным ВНИИТП [9], $a_1 = 0,4; a_2 = 0,6$); $q_{\text{ц.з}}, q_{\text{ц.с}}$ — цикловые сборы фрезерного торфа, рассчитанные, соответственно, по нормативной формуле при эксплуатационной влажности верхнего слоя торфяной залежи и при начальной влажности, с

учетом остатков высушенного торфа от предыдущего цикла, т/га; K_i — коэффициент, учитывающий потенциально возможное число дней сушки конкретного региона в сравнении со средними погодными условиями, применительно к которым была обоснована нормативная глубина фрезерования (в расчетах принято $K_i = 1$); K_h — коэффициент, учитывающий снижение интенсивности сушки из-за неравномерности расстила.

Максимальная поступательная скорость машины на рабочем проходе определяется с учетом технической производительности элеватора [7, 10]:

$$v_{\text{max}} = Q_3 \gamma_{\text{н.уб}} / 0,12 b_k q_{\text{ц.уб}}, \text{ м/с,}$$

где Q_3 — техническая производительность элеватора, м³/с; $\gamma_{\text{н.уб}}$ — насыпная плотность фрезерного торфа при уборочной влажности, кг/м³; b_k — конструктивная ширина захвата одной секции валкователя, м; $q_{\text{ц.уб}}$ — цикловой сбор в пересчете на

уборочную влажность, т/га.

Возможная максимальная скорость по мощности двигателя при полной загрузке бункера определяется по формуле [7]

$$v'_{\text{max}} \leq \frac{102(P - P_1)\eta_{\text{тр}}}{m_{\text{тр}} f_{\text{тр}} + (m_{\text{м}} + m_{\text{т}}) f_{\text{м}} K_v}, \text{ м/с,}$$

где P — мощность двигателя, кВт; P_1 — мощность, затрачиваемая на рабочий орган и поворот машины, кВт; $\eta_{\text{тр}}$ — КПД трансмиссии трактора; $m_{\text{тр}}, m_{\text{м}}, m_{\text{т}}$ — масса, соответственно, трактора, уборочной машины и торфа в бункере, кг; $f_{\text{тр}}, f_{\text{м}}$ — коэффициенты сопротивления движению, соответственно, трактора и машины; K_v — коэффициент использования скорости.

Масса торфа в полностью загруженном бункере —

$$m_{\text{т}} = V_6 K_{\text{н}} \gamma_{\text{н.уб}} K_{\text{у}}, \text{ кг,}$$

где V_6 — вместимость бункера, м³; $K_{\text{н}}$ — коэффициент наполнения бункера; $K_{\text{у}}$ — коэффициент уплотнения торфа.



Формирование укрупненного штабеля фрезерного торфа машиной МТФ-71 «Амкадор»

Если из расчетов следует, что $v'_{\max} < v_{\max}$, то средняя скорость принимается по методике [7].

Длину рабочего прохода, необходимую для наполнения торфом бункера машины, определяют по формуле

$$L_p = 10m_T / b_k K_{\text{ш}} a_{\text{ц.уб}}, \text{ м,}$$

где $K_{\text{ш}}$ — коэффициент использования ширины захвата валкователя (для валкователя ВТ-9,8 и верхового типа залежи $K_{\text{ш}} = 0,93$).

При расстоянии между валовыми каналами 500 м и отсутствии штабелей на технологических площадках длина одного валка составляет 470 м. Расчеты показывают, что для полного наполнения бункера длина рабочего прохода превышает 470 м, т. е. необходим переезд и уборка второго валка (см. рис 2). Часовая эксплуатационная производительность уборочной машины будет составлять [7]

$$S_y = 0,36v_p K_v b_k K_{\text{ш}} K_{\text{ц}} K_{\text{п.в}}, \text{ га/ч,}$$

где v_p — расчетная скорость машины на рабочем проходе, м/с; K_v — коэффициент использования скорости; $K_{\text{ц}}$ — коэффициент использования времени цикла; $K_{\text{п.в}}$ — коэффициент использования полезного времени машины.

При транспортировании фрезерного торфа уборочными машинами к укрупненным штабелям, которые размещаются вне границ торфяного месторождения, коэффициент использования времени цикла определяется по формуле

$$K_{\text{ц}} = t_p / (t_p + t_{\text{вс}} + t_{\text{г.м}} + t_{\text{в}} + t_{\text{п.м}}),$$

где t_p — время на рабочий проход, необходимое для наполнения бункера, с; $t_{\text{вс}}$ — время на переезд к следующему валку, с; $t_{\text{г.м}}$, $t_{\text{в}}$, $t_{\text{п.м}}$ — время, соответственно, на перемещение торфа к штабелю, его выгрузку и обратный переезд к валку, с.

Скорость движения машины с груженым бункером рассчитывают по мощности двигателя с учетом потерь мощности на повороты и неровности дорог (7 кВт). Скорость движения машины с порожним бункером принята 15 км/ч (4,17 м/с).

Программу добычи фрезерного торфа рассчитывают по формуле

$$P_c = S_y N_y t_p \tau_p n_{\text{ц}} a_{\text{ц.ср}} K_{\text{т.г}}, \text{ т,}$$

где N_y — оптимальное число уборочных машин в комплекте; t_p — расчетное число часов работы машины за сутки в двухсменном режиме; $n_{\text{ц}} = 23$ — расчетное число циклов; $K_{\text{т.г}}$ — коэффициент технической готовности машин.

Для бункерных уборочных машин среднее значение коэффициента технической готовности ($K_{\text{т.г}}$) находится в пределах 0,81–0,86 (среднее — 0,83) [7].

Используя показанные выше зависимости (формулы), получены расчетные показатели нижней (см. **таблицу**) и верхней границ

Расчетные показатели для определения нижней границы производственных участков средней мощности по добыче фрезерного торфа

Расчетный показатель	Значения при условной влажности (w_y) торфа, %	
	40	55
Средний цикловой сбор, т/га	12,85	24,6
Скорость уборочной машины по производительности рабочего органа, м/с	3,48	2,4
Скорость в конце рабочего прохода по мощности двигателя, м/с	2,73	2,57
Средняя скорость машины на рабочем проходе, м/с	2,84	2,4
Скорость машины при транспортировании торфа, м/с	2,97	2,79
Расстояние рабочего прохода, м	992	652
Коэффициент использования времени цикла	0,21	0,18
Эксплуатационная производительность машины, га/ч	0,49	0,36
Программа добычи, т	13462	18935

производственных участков средней мощности по добыче фрезерного торфа. При этом верхнюю границу участков средней мощности предложено ограничить минимальной программой, которую может выполнить один подборщик-погрузчик при его полной загрузке, работе в одну смену, с технической производительностью

$$Q_n = Q_0 K_{\text{ц}} \gamma_{\text{н.уб}} \frac{100 - w_{\text{уб}}}{100 - w_y}, \text{ т/ч [7],}$$

где Q_0 — производительность рабочего органа в соответствии с технической характеристикой машины, м³/ч; $w_{\text{уб}}$, w_y — влажность торфа, соответственно, уборочная и условная, %.

Сезонную производительность по фрезерному торфу условной влажности одного подборщика-погрузчика определяли по формуле [7]

$$P_c = Q_n K_{\text{п.в}} t_{\text{см}} T_c K_{\text{т}}, \text{ т,}$$

где $t_{\text{см}}$ — число часов работы в смену; T_c — число дней вывозки торфа за сезон.

Программа добычи на один подборщик-погрузчик при условной влажности 40 % составила 51055 т, при 55 % — 65114 т.

На основании выполненных расчетов рекомендована следующая градация производственных участков по объемам добычи фрезерного торфа при условной влажности 55 % (40 %): малой мощности — менее 20 (15) тыс. т; средней мощности — от 20 (15) тыс. т; большой мощности — свыше 65 (50) тыс. т. Проведенные исследования позволяют при проектировании производственных участков, являющихся основными структурными подразделениями торфодобывающих компаний, обосновать оптимальные варианты приобретения и использования комплектов технологического оборудования.

Библиографический список

1. Нормы технологического проектирования предприятий по добыче торфа. ВНТП 19-86. — М.: МТП РСФСР, 1986. — 117 с.
2. Михайлов А. В. Масштаб торфяного производства и комплектование оборудованием // Процессы и средства добычи и переработки полезных ископаемых : сб. науч. тр. — Минск : БНТУ, 2012. С. 63–67.
3. Мисников О. С., Тимофеев А. Е. О рациональном использовании энергетических и минеральных ресурсов торфяных месторождений // Горный журнал. 2008. № 11. С. 59–63.
4. Гревцев Н. В., Шампаров А. Г. Системные принципы выбора технологии добычи и переработки торфяного и техногенного сырья // Известия вузов. Горный журнал. 2009. № 8. С. 14–20.
5. Гревцев Н. В., Александров Б. М., Верхотуров И. М., Шампаров А. Г. Технологические и геоэкологические аспекты использования торфа в энергетике // Известия вузов. Горный журнал. 2012. № 1. С. 17–21.
6. Макаренко Г. Л., Тимофеев А. Е., Яконовская Т. Б. Перспективы комплексного освоения торфяных месторождений (экологический, технологический и экономический аспекты) // ГИАБ. 2010. № 1. С. 265–272.
7. Смирнов В. И., Васильев А. Н., Афанасьев А. Е., Болтушкин А. Н. Практическое руководство по организации добычи фрезерного торфа : учебное пособие для вузов. — Тверь : ТвГТУ, 2007. — 392 с.
8. Яблонев А. Л., Пухова О. В. Особенности транспорта торфа к конечному потребителю в г. Твери // ГИАБ. 2010. № 1. С. 34–35.
9. Влияние метеорологических условий на технологические показатели добычи фрезерного торфа. — Л. : ВНИИ торфяной промышленности, 1969. — 33 с.
10. Морозов Б. П. Эксплуатационная надежность бункерных машин для уборки фрезерного торфа // Торфяная промышленность. 1968. № 6. С. 9–12. **ПЖ**

Смирнов Виталий Иванович,
e-mail: peatpro@gmail.com
Мисников Олег Степанович,
e-mail: oleg.misnikov@gmail.com
Пухова Ольга Владимировна,
e-mail: owpuhova@mail.ru

MODERN APPROACHES TO GRADATION OF INDUSTRIAL SITES OF MILLED PEAT EXTRACTION

V. I. Smirnov¹, Assistant Professor, Candidate of Engineering Sciences
O. S. Misnikov¹, Head of a Chair, Doctor of Engineering Sciences
O. V. Pukhova¹, Assistant Professor, Candidate of Engineering Sciences

¹ Tver State University (Tver, Russia)

In comparison to the second half of the 20-th century, nowadays, the volume of milled peat extraction in Russia is multiply decreased and is about 1,5-2 million tons. Realization of two-stage harvesting technology is economically profitable only in case of extraction volume of 50 000 tons per year. Modern scientific researches differentiate peat-extracting companies by extraction capacity between small, middle and large ones.

This research presents information on work areas capacity and principles of coupling of technological complexes for milled peat extraction. The work analyzes basic technologies of peat extraction technologies implemented in Russia with explanation of work area classification necessity. There are made and shown the calculations of lower indications of working areas of middle extraction capacities.

A flow chart of using of upgraded bunker sweepers is proposed. Implementation of new scheme increases technological coefficients on additional pass on the roll. Modern approaches to gradation production areas in terms of production of milled peat harvesting and given conditional humidities are presented. Criteria to areas of low, medium and large capacities are set. Final (harvesting) humidity and conditional humidity of finished products were set as additional conditions to gradation production areas in terms of production.

At the stage of production area designing, the developed method enables to conduct explanation of use of the best options for configuration of process equipment.

Key words: peat extraction, milled peat, industrial sites, parameters, annual (seasonal) capacity, technology, piling, gradation of sites.

REFERENCES

1. Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya predpriyatiy po dobyche torfa. VNTP 19-86 (Standards of technological designing of peat extraction enterprises. Industry-Specific Process Engineering Standard 19-86). Moscow : International Chamber of Commerce of RSFSR, 1986, 117 p.
2. Михайлов А. В. Масштаб торфяного производства и комплектование оборудованием (Scale of peat manufacturing and equipping). *Protsessy i sredstva dobychi i pererabotki poleznykh iskopaemykh : sbornik nauchnykh trudov* (Processes and means of extraction and processing of minerals : collection of scientific proceedings). Minsk : Belorussian National Technical University, 2012, pp. 63–67.
3. Misnikov O. S., Timofeev A. E. *Gornyi Zhurnal – Mining Journal*, 2008, No. 11, pp. 59–63.
4. Grevtsev N. V., Shamparov A. G. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal – Proceedings of Universities. Mining Journal*, 2009, No. 8, pp. 14–20.
5. Grevtsev N. V., Aleksandrov B. M., Verkhoturou I. M., Shamparov A. G. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal – Proceedings of Universities. Mining Journal*, 2012, No. 1, pp. 17–21.
6. Makarenko G. L., Timofeev A. E., Yakonovskaya T. B. *Gornyy Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten – Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2010, No. 1, pp. 265–272.
7. Smirnov V. I., Vasilev A. N., Afanasev A. E., Boltushkin A. N. *Prakticheskoe rukovodstvo po organizatsii dobychi frezernogo torfa: uchebnoe posobie dlya vuzov* (Practical guidance on organization of extraction of milled peat: tutorial for universities). Tver : Tver State Technical University, 2007, 392 p.
8. Yablonev A. L., Pukhova O. V. *Gornyy Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten – Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2010, No. 1, pp. 34–35.
9. *Vliyaniye meteorologicheskikh usloviy na tekhnologicheskyye pokazateli dobychi frezernogo torfa* (Influence of meteorological conditions on technological indices of milled peat extraction). Leningrad : All-Russian Scientific Research Institute of Peat Industry, 1969, 33 p.
10. Morozov B. P. *Torfyanaya promyshlennost – Peat Industry*, 1968, No. 6, pp. 9–12.