© А.Л. Яблонев, З.В. Арсентьева, 2016

УДК 622.331:
662.64

**А.Л. Яблонев, З.В. Арсентьева**

# ИСКУССТВЕННАЯ ДОСУШКА ФРЕЗЕРНОГО ТОРФА ПОВЫШЕННОЙ ВЛАГИ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УЧАСТКАХ

Представлены научные основы технологии сушки фрезерного торфа в расстиле и обоснованы границы разделения процесса на естественную и искусственную составляющие сушки с позиции интенсивности удаляемой влаги при оптимизации использования солнечной энергии. Описана разработанная технологическая схема искусственного обезвоживания фрезерного торфа повышенной влаги, дополняющая сушку при естественных условиях. Рассмотрены достоинства описанной технологии и отмечены ее особенности.
Ключевые слова: фрезерный торф, влагосодержание, сушилка, испарение, диффузия, сжигание, котел, конвейер, бункер, дробилка.

Фрезерный торф является энергетически ценным местным видом топлива для теплоэлектростанций, исходным сырьем для получения бытового топлива. В нынешних условиях, с учетом возросших цен на газ и уголь, и их транспортировку, торф становиться вполне конкурентоспособным топливом.

Однако добыча торфа, особенно его полевая сушка, сильно зависима от погодных условий, что негативно сказывается на всем технологическом процессе и экономических показателях предприятия. Поэтому снижение зависимости от погодных условий – проблема важная, если не первостепенная, решать которую пытаются по разному [1].

Сушка на полях добычи торфа продолжается, как правило, с 7 до 18 ч, интенсивность сушки возрастает с 7 до 13 ч, а с 13 до 18 – уменьшается, причем, в некоторых случаях, возможно даже увлажнение. Процесс сушки коллоидных капиллярно-пористых материалов, к которым, без сомнения, относится торф, характеризуется кривой интенсивности сушки (рис. 1), т.е. количеством влаги, выделяющейся с единичной поверхности в единицу времени [2].

Сушка происходит с момента, соответствующего начальному влагосодержанию $W_н$ до достижения торфом равновесного влагосодержания $W_р$. Равновесной считается та влага, которую невозможно удалить из торфа при данных параметрах окружающей среды. Равновесное состояние наступает, когда давление паров воды у испаряющейся поверхности становится равным парциальному давлению паров влаги в окружающем воздухе, а испарение останавливается. При этом сушка прекращается, а температура торфа равна температуре окружающей среды. В течение всего периода сушки можно выделить ряд периодов. Так, участок *AB*, называемый периодом постоянной интенсивности испарения (насыщенной поверхности), характеризуется тем, что количество влаги, поступающей к поверхности от внутренних слоев равно количеству испаряемой влаги. Участок *BD* – период падающей интенсивности испарения (ненасыщенной поверхности). Для него характерно то, что интенсивность испарения постепенно снижается по мере уменьшения влаги торфа в слое. И наконец участок *DC* – период внутренней диффузии, характеризуется тем, что при общем резком снижении интенсивности испарения, приток влаги от внутренних, нижележащих слоев к верхним, увеличивается.

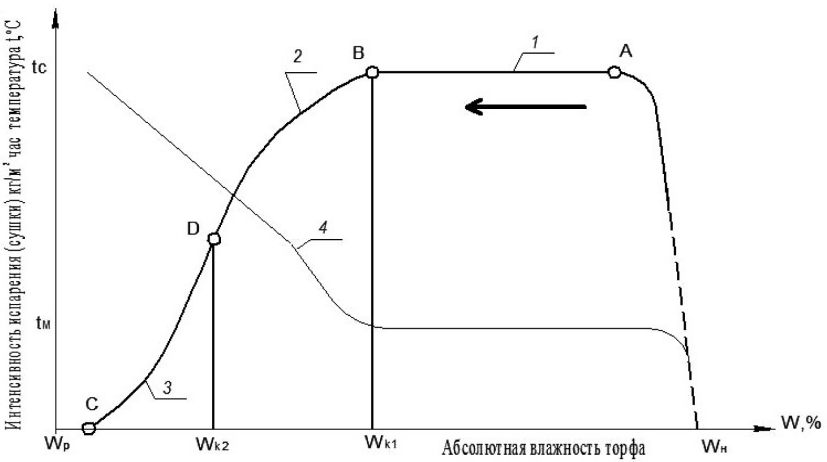


*Рис. 1. Кривая интенсивности сушки*: $W_н$ – начальное, $W_{к1}$ – первое критическое, $W_{к2}$ – второе критическое, $W_р$ – равновесное влагосодержания торфа; $t_с$ и $t_м$ – соответственно, температуры сухого и влажного торфа; 1 – зона постоянной интенсивности испарения; 2 – зона падающей интенсивности испарения; 3 – зона внутренней диффузии; 4 – температурная кривая

Состояние начального влагосодержания при сушке $W_н$ достигается комплексом мер по предварительному осушению торфяной залежи с помощью дренажной системы, способной понизить влагу фрезеруемого слоя на низинных залежах до 75%, а на верховых – до 79%. Состояние равновесного влагосодержания во многом зависит от климатических условий, в т.ч. влажности воздуха, температуры окружающей среды, и для средней полосы России, равновесная влага составляет 25...20%. Для различных видов торфа, при сушке фрезерной крошки в слое, точки изменения интенсивности испарения от периода постоянной интенсивности к периоду падающей интенсивности (точка *B*, соответствующая первому критическому влагосодержанию) лежат в диапазоне влаги 80...68%, а от периода падающей интенсивности испарения к периоду внутренней диффузии (точка *C*, соответствующая второму критическому влагосодержанию) – в диапазоне 50...40%. Естественно, что положение «точек перехода» может меняться в зависимости от свойств материала, его формы, размеров и режима сушки.

Рассматривая комплексный процесс сушки торфа, как постепенное понижение его влаги (относительной влажности) с 90% в залежи до 15% у конечного продукта (например, у топливного брикета), можно определить количество удаляемой влаги на 1 кг сухого вещества на каждом этапе сушки (таблица).

Так, первый этап, удаляющий наибольшее количество влаги (68%), воплощается в жизнь методами мелиорации и обезвоживанием залежи через сеть дренажных каналов. Второй и третий этапы характерны для естественной сушки фрезерной крошки. На этих этапах в сумме удаляется 24,7% влаги. Последние два этапа принадлежат искусственной сушке фрезерной крошки, в результате чего из торфа удаляется еще 7,3% влаги. Например, при сушке торфа с 75 до 60% влаги, необходимо удалить 1,5 кг

| **Интервалы по влаге,%** | **Количество удаляемой воды** | |
|---|---|---|
| | **кг** | **%** |
| 90...75 | 6,0 | 68,0 |
| 75...60 | 1,50 | 17,0 |
| 60...45 | 0,68 | 7,7 |
| 45...30 | 0,39 | 4,4 |
| 30...15 | 0,25 | 2,9 |
| Итого: 90...15 | 8,82 | 100 |

воды или 17%, а с 60 до 45% – всего лишь 0,68 кг или 7,7%, т.е. в 2,2 раза меньше! Учитывая тот факт, что сушка торфа с 60 до 45% влаги происходит уже в период внутренней диффузии, с очень низкой интенсивностью испарения, из-за чего, собственно, и увеличивается до двух дней цикл добычи фрезерного торфа, есть смысл прекращать сушку еще до вступления процесса в этот период. Отсюда напрашивается вывод: чтобы получить в единицу времени в естественных условиях сушки большее количество торфа с гектара и более рационально воспользоваться солнечным теплом, необходимо заканчивать технологический процесс сушки фрезерного торфа не в период внутренней диффузии, как это делается сейчас, когда испарение происходит путем медленного проникновения паров влаги из толщи материала к его поверхности, а в период падающей интенсивности испарения, когда испарение в значительной мере происходит еще с поверхности материала. Если это так, то необходимо, сушить торф с 60...65% влаги до 45 или 48% (по возможности!) не в условиях естественной сушки, а применяя искусственную сушку, что позволит сократить продолжительность цикла добычи торфа до одного дня. Конечное значение влаги фрезерного торфа выбрано из условия обеспечения устойчивой работы котлов. Так, например, известно, что при сжигании торфа с влагой 57% в шахтно-мельничных топках, паропроизводительность котлов сильно падает, работа становится неустойчивой, так как больше времени и энергии, перед собственно горением, тратится на испарение влаги внутри топки. А нормальному горению торфа с влагой 30...35% мешают начавшиеся процессы шлакования.

В этой связи, представляются интересными в настоящее время работы Н.Н. Самсонова [3–5], предложившего, организовавшего и испытавшего в 1952–1959 гг. на Подозерском торфопредприятии опытную технологию по добыче торфа повышенной влаги (60...65%) с последующей его искусственной досушкой до влаги 45...55% в специально построенной на торфопредприятии трубе-сушилке, работающей на торфяном топливе. Добыча торфа повышенной влаги осуществлялась как скреперно-бункерным, так и перевалочным комплексом машин, весь добытый торф укладывался в штабели, которые в последующем перевозились к сушилке, смонтированной на торфопредприятии. В процессе работы сушильной установки было выявлено, что из второго циклона поступает фрезерная крошка влагой 16%, пригодная для брикетирования, поэтому сушилка была дополнена торфобрикетным прессом (ТБП).

С учетом вышеприведенных рассуждений и опыта Н.Н. Самсонова разработана технологическая схема искусственной досушки фрезерного торфа с начальной влагой 60...65% в шахтно-мельничной сушилке, смонтированной в полевых условиях (рис. 2).

Представленная технология дает возможность перерабатывать торф независимо от погодных условий, а значит и в любой сезон. При этом возможны два варианта. В зимнее время, когда происходит намерзание верхних слоев торфа в штабелях, смерзшийся торф доставляется в вагонах узкой колеи *1*, которые разгружаются в бункерную сырья *32* через дробилку *2* и пластинчатый питатель *3*. Из бункерной сырья *32* пластинчатым питателем *33*, ленточным конвейером *28* и ковшовым элеватором *4* исходный торф подается в бункер *7* сушилки *8* с шахтной мельницей *27*, где подвергается сушке с одновременным измельчением.

Если не происходит смерзание, то торф от места хранения доставляется в вагонах узкой колеи *30*, и через пластинчатый питатель *31* разгружается в бункерную сырья *29*, откуда пластинчатым питателем *34*, опять же подается на ленточный конвейер *28* и т.д. Сушка осуществляется в потоке дымовых газов, генерируемых в топке *6* с наклонно-переталкивающей решеткой. Генерация дымовых газов происходит за счет сжигания в топке сушилки части торфа влагой 45%, поступающей из сушилки по системе подачи топлива *5*. Это около 15% от всего торфа подсушенного на установке. Количество торфа, необходимого для топлива может уменьшаться за счет сжигания нетехнологических включений: щепы, пневой древесины. Разделение торфовоздушной смеси на фракции и отделение воздуха происходит в последовательной системе пылеосаждения.

Крупная фракция в количестве 85% от торфа, поступившего на досушку, влагой 45%, предназначенная для топлива, оседает в циклонах первой ступени очистки *9* типа ВТИ, с помощью барабанного питателя *26* попадает на скребковый конвейер *25*, заполняющий бункер готового топлива *24* и снабжающий систему подачи топлива в топку сушилки *5*, представляющую собой дисковый питатель марки ДЛ-5А производительностью до 6 м$^3$/ч, включаемый и выключаемый в зависимости от степени заполнения бункера топки. Из бункера готового топлива *24* фрезерный торф влагой около 45% загружается в транспорт *22* с помощью подвижного дна бункера – пластинчатого питателя *23*.

Мелкая фракция, составляющая около 15% от общего объема торфа, поступившего на досушку, улавливается циклонами

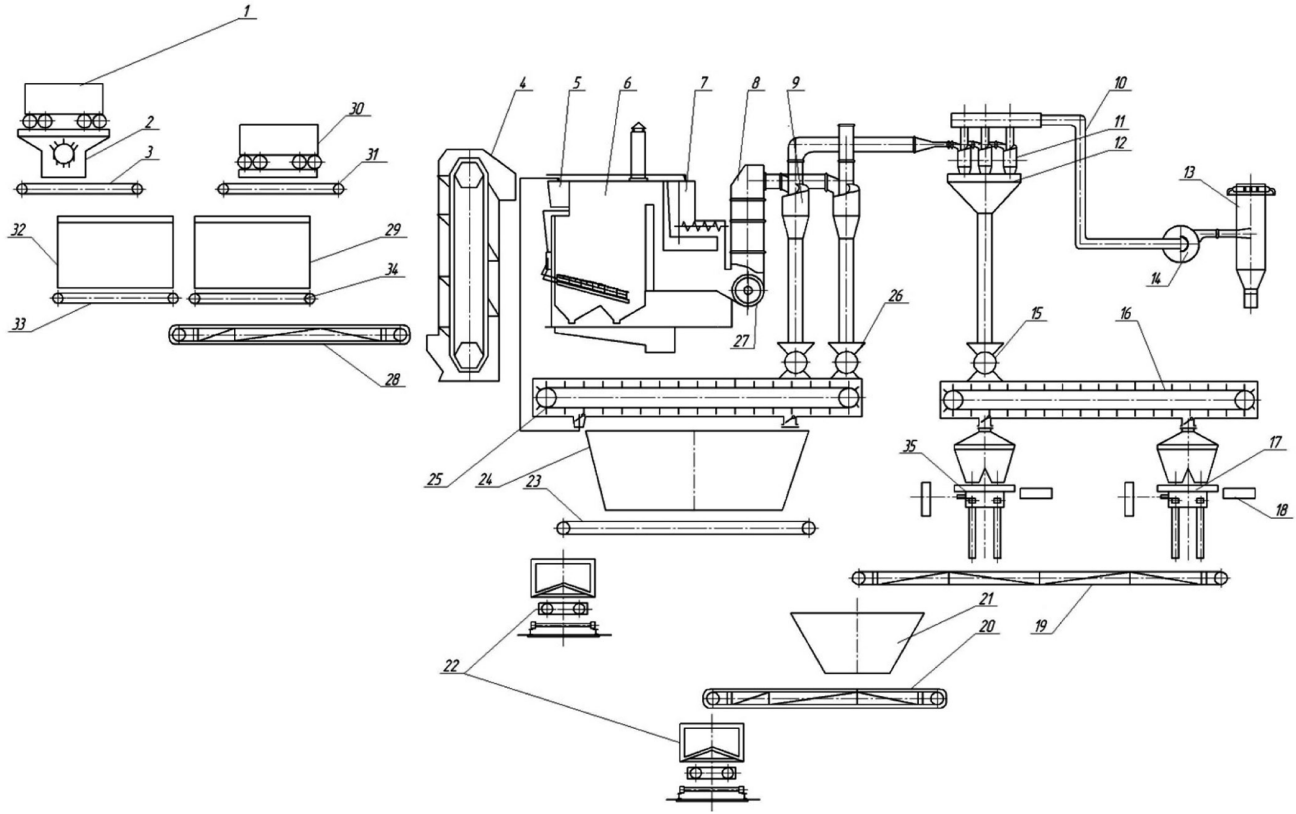


*Рис. 2. Технологическая схема искусственной досушки фрезерного торфа*

типа НИИОГаз *11*, которые заполняют бункер *12*, откуда высушенная торфяная крошка влагой 15...16% через барабанный питатель *15* с помощью скребкового питателя распределяется по торфобрикетным прессам *17* и *35*, проходя магнитные очистители *18* [6]. Готовые брикеты ленточным конвейером *19* подаются на склад готовой продукции в бункер *21*, откуда отгружается ленточным конвейером *20* в транспорт *22* [7].

Дымовые газы по системе трубопроводов *10* поступают в скруббер для мокрой очистки и снижения температуры *13* типа МП-ВТИ, после чего с помощью вентилятора *14* выбрасываются в атмосферу.

Легковозводимые помещения щитового типа позволят смонтировать данную сушильную установку непосредственно на производственных участках добычи торфа, в результате чего, вследствие уменьшения перевозимой массы, сократятся расходы на транспорт торфа.

Технология добычи торфа повышенной влаги с последующей его искусственной досушкой позволяет сократить цикл производства фрезерного торфа до одного дня, применяя только одно ворошение в цикле, увеличить количество уборочных и производственных дней в сезоне, повысить за счет этого сезонные сборы на 68...88% и более оптимально использовать солнечную радиацию для сушки. Кроме того, убранный в штабели торф повышенной влаги меньше саморазогревался, а случаев самовозгорания вообще не было выявлено [3–5]. Следует отметить также, что значительно сокращаются потери. Ведь весь промерзший или намокший торф от осадков и от капиллярной влаги из залежи, убранный в штабели с кондиционной влагой (около 45%) при существующей технологии естественной сушки идет в потери. А это, по меньшей мере – 10%, причем с учетом саморазогревания и самовозгорания потери увеличиваются. Есть и еще одно, очень крупное преимущество. Оно заключается в ликвидации ярко выраженной сезонности производства. Сушить торф можно и в несезонное время, когда высвобождаются основные производственные рабочие, что является эффектом социальным. Кроме того, искусственная сушка позволит поставлять энерговырабатывающим компаниям фрезерный торф с более равномерным содержанием влаги, от чего, несомненно, повышается эффективность работы котельного оборудования. Все это даст возможность организовать стабильное производство, не зависящее от погодных условий, на сокращенных производственных площадях.

Пользоваться технологией совмещения искусственной досушки торфа с его естественной сушкой, или нет – решать торфодобывающим компаниям. Хочется лишь напомнить, что к вопросам подобного характера, равно как и к вопросу о надежности торфяного топлива вообще, мы, как правило, обращаемся лишь в неблагоприятные по метеорологическим факторам годы. А время идет...

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**


1. *Михайлов А. В.*, *Кремчеев Э. А.*, *Большунов А. В.*, *Нагорнов Д. О.* Перспективы развития новых технологий добычи торфа // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 9. – С. 189–194.
2. *Ларгин И. Ф. и др.* Справочник по торфу. – М.: Недра, 1982. – 760 с.
3. *Самсонов Н. Н.* Досушка фрезерного торфа повышенной влажности // Торфяная промышленность. – 1955. – № 3. – С. 25–28.
4. *Самсонов Н. Н.* Добыча фрезерного торфа повышенной влажности с последующей тепловой его досушкой // Торфяная промышленность. – 1947. – № 6. – С. 10–15.
5. *Самсонов Н. Н.* К вопросу об интенсификации использования полей сушки торфа // Торфяная промышленность. – 1965. – № 7. – С. 23–26.
6. *Горфин О. С.*, *Зайцев В. С.* Технология переработки торфа. – М.: Недра, 1986. – 248 с.
7. *Яблонев А. Л.* Применение транспорта на пневмоколесном ходу в технологии добычи торфа повышенной влажности с последующей его искусственной досушкой // Молодой ученый. – 2011. – № 3. – С. 97–99. ГИАБ


**КОРОТКО ОБ АВТОРАХ**


*Яблонев Александр Львович* – доктор технических наук, доцент, профессор, e-mail: alvovich@mail.ru,
*Арсентьева Зоя Владимировна* – магистрант, e-mail: zoya.filippowa@yandex.ru,
Тверской государственный технический университет.



UDC 622.331: 662.64



**A.L. Yablonev, Z.V. Arsent'eva**


## ARTIFICIAL DRUING UP OF PEAT INCREASED MOISTURE CONTENT ON JOB SITES


The scientific bases of technology of drying peat in deposits and justified the boundaries separating process on natural and artificial drying up from the intensity of the moisture while optimizing the use of solar energy are presented. The implemented technological scheme of artificial peat increased moisture dehydration supplementing drying in natural conditions is designed. The advantages of this technology and its features are observed.



Key words: milled peat, moisture content, drier, diffusion, combustion, boiler, conveyor, hopper, chipper.

**AUTHORS**

*Yablonev A.L.*[1], Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor,
Professor, e-mail: alvovich@mail.ru,
*Arsentyeva Z.V.*[1], Master's Degree Student, e-mail: zoya.filippowa@yandex.ru,
[1] Tver State Technical University e-mail: common@tstu.tver.ru, 170026, Tver, Russia.

**REFERENCES**

1. Mikhaylov A. V., Kremcheev E. A., Bol'shunov A. V., Nagornov D. O. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2010, no 9, pp. 189–194.
2. Largin I. F. *Spravochnik po torfu* (Handbook of peat), Moscow, Nedra, 1982, 760 p.
3. Samsonov N. N. *Torfyanaya promyshlennost'*. 1955, no 3, pp. 25–28.
4. Samsonov N. N. *Torfyanaya promyshlennost'*. 1947, no 6, pp. 10–15.
5. Samsonov N. N. *Torfyanaya promyshlennost'*. 1965, no 7, pp. 23–26.
6. Gorfin O. S., Zaytsev V. S. *Tekhnologiya pererabotki torfa* (Peat working technology), Moscow, Nedra, 1986, 248 p.
7. Yablonev A. L. *Molodoy uchenyy*. 2011, no 3, pp. 97–99.

## ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

### ГОРНОЕ ДЕЛО В XXI ВЕКЕ: ТЕХНОЛОГИИ, НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ

Коллектив авторов

В сборник включены доклады участников Международной научно-практической конференции «Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование», состоявшейся 28–28 октября 2015 года и посвященной 110-летию горного факультета первого технического вуза России – Национального минерально-сырьевого университета «Горный». Доклады были представлены на секциях: «Подземная разработка твердых полезных ископаемых»; «Открытые горные работы»; «Взрывное дело»; «Технологическая безопасность и горноспасательное дело»; «Аэрологическая безопасность»; «Горнопромышленная экология», а также круглых столах: «Развитие кадрового потенциала минерально-сырьевого комплекса» и «Развитие нормативно-правовой базы в области горного дела».

Ключевые слова: горное дело, подземная разработка твердых полезных ископаемых, открытые горные работы, аэрологическая безопасность, горнопромышленная экология, горноспасательное дело, взрывное дело.

### MINING IN THE XXI CENTURY: TECHNOLOGY, SCIENCE, EDUCATION

The authors

The collection includes reports of participants of the International scientific-practical conference «Mining in the XXI century: technology, science, education», held on October 28–28, 2015 and dedicated to the 110th anniversary of the faculty of mining of the first technical University of Russia National mineral resources University «Mining». Reports were presented on the following sections: «Underground mining of solid minerals»; «opencast mining»; «an Explosive matter»; «Process safety and mine rescue»; «the Upper-air safety»; «Mining ecology» and round tables: «Development of personnel potential of the mineral resources sector» and «Development of normative-legal base in the field of mining».

Key words: mining, underground mining of solid minerals open pit mining, aerological safety, mining environment, mine rescue, blasting.