

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Л. Т. Кулоян

Исследование полевой сушки фрезеторфа
в климатических условиях Армянской ССР

1. *Цель и задачи исследования.* По данным главторфа [1], средняя товарная влажность фрезеторфа по основным торфопредприятиям страны за 1934—1944 гг. колебалась в пределах $W=47-51\%$.

Сжигание такого высоковлажного топлива сопряжено с большими тепловыми потерями. Брикетирование фрезеторфа при оптимальной влажности порядка $W=10-16\%$ осуществляется после искусственной тепловой досушки сырья, что значительно удорожает продукцию и связана с большими капитальными затратами. Так, например, на Ореховском торфобрикетном заводе, где сушка осуществляется в паровых сушилках, расход тепла на 1 кг влаги составляет 1500—1600 ккал, его удельный вес в себестоимости брикетов достигает до 30% [2].

Учитывая эти обстоятельства, автором была исследована возможность создания упрощенной технологии брикетирования, базирующейся на естественной сушке фрезеторфа в благоприятных климатических условиях Армении.

Исследование полевой сушки фрезеторфа было организовано для Гиллийского торфяника в 1951 и 1952 гг. Начальная толщина сохнущего слоя колебалась в пределах 5—50 мм. Цикл сушки в основном укладывался в один день и составлял 10,5 часов. Небольшое количество наблюдений было проведено с двухдневными циклами, при глубине фрезерования 30 мм и выше. Одновременно с исследованием полевой сушки фрезеторфа были изучены все основные климатические факторы района. Исследование сушки фрезеторфа базировалось на современной теории сушки твердых тел вообще (П. С. Коссович, А. В. Лыков) и на теории и практике сушки торфа в частности (Д. А. Бегак, В. Г. Горячкин, С. В. Курдюмов, С. А. Сидякин и др.).

II. *Результаты исследования полевой сушки фрезеторфа.* 1. Исследованием было установлено, что начальная влажность фрезеторфа колеблется в пределах 66—75%. Максимальные значения влажности были зафиксированы в дни, сопровождаемые заметными осадками (больше 1 мм). За период наблюдений уровень грунтовых вод

(считая от поверхности нетронутой залежи) колебался в пределах 60—100 см, причем не было обнаружено заметной связи между колебаниями уровня грунтовых вод и значением начальной влажности торфа.

Отчасти этим объясняется, что с увеличением глубины фрезеруемого слоя влажность заметно не повышается.

Результаты наблюдений дают основание полагать, что начальная влажность фрезеторфа будет колебаться от цикла к циклу в незначительных пределах и ее среднее значение возможно будет меньше 70%. Следует учесть, что уровень воды в водоприемнике торфяника постепенно снижается. Это обстоятельство окажет весьма благоприятное влияние, если только осушительная система будет улучшена и расширена.

В условиях полевых исследований оказалось трудным достаточно правильно оценить влияние влажности сохнущего слоя на интенсивность сушки.

На основании полевых наблюдений и лабораторных исследований, а также более обстоятельных исследований Лыкова [3, 4] и Бегака [5], можно прийти к заключению, что сушка фрезеторфа в подавляющей своей части протекает за период убывающей скорости (скорость сушки оказывается зависящей от влажности сохнущего материала).

2. Наблюдения на Гиллийском торфянике подтвердили степенной характер зависимости интенсивности сушки от толщины слоя [1].

Однако нас интересовало не столько абсолютное значение интенсивности сушки, сколько достижимые величины конечной влажности.

С увеличением толщины слоя интенсивность сушки растет, при этом увеличивается и требуемое количество удаляемой влаги для достижения заданной конечной влажности.

На фиг. 1. представлены кривые зависимости интенсивности сушки и количества удаляемой влаги от толщины слоя:

$$i = ch^n, \quad (1)$$

$$Q = kh, \quad (2)$$

где i — интенсивность сушки в $\text{см}/\text{см}^2$ сутки (или, что почти то же самое, — $\text{г}/\text{см}^2$ сутки),

h — толщина сохнущего слоя,

c и p — постоянные, зависящие от климатических условий наблюдений,

Q — количество удаляемой влаги для достижения заданной конечной влажности в $\text{г}/\text{см}^2$.

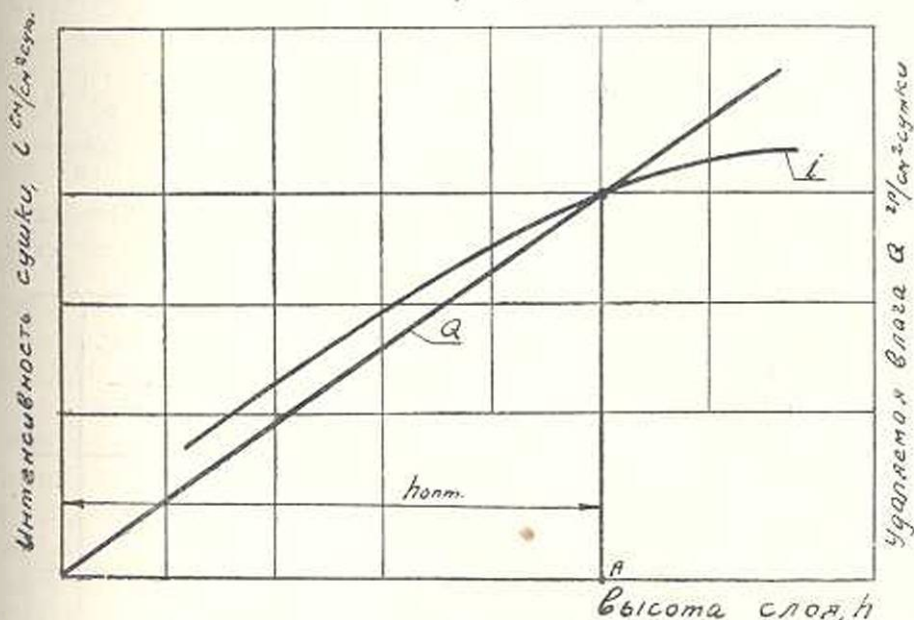
Абсцисса точки пересечения этих линий представляет оптимальную толщину слоя $h_{\text{опт}}$, при которой достигается заданная конечная влажность за цикл.

Если толщина слоя, т. е. глубина фрезерования $h > h_{\text{опт}}$, то

$Q > i$ и конечная влажность будет выше заданной, если же $h < h_{\text{опт}}$, то удаляемая влага будет меньше, чем это соответствует потенциальным возможностям сушки и последняя будет использована не рационально.

Оптимальное значение толщины слоя $h_{\text{опт}}$ можно найти совместным решением (1) и (2). Так как при $h = h_{\text{опт}}$, $i = Q$, то

$$h_{\text{опт}} = \sqrt[n-1]{\frac{k}{c}}.$$



Фиг. 1. Графический метод определения оптимальной высоты сохнущего слоя. Как показывают исследования, величина n всегда меньше единицы. Обозначая $m = n - 1$, получим:

$$h_{\text{опт}} = \sqrt[m]{\frac{c}{k}}. \quad (3)$$

Величину k можно определить из уравнения (2), полагая $Q = 1$ и $h = 1$, т. е. она представляет то количество влаги, которое подлежит удалению из единицы объема для достижения конечной влажности равной w_2 .

Нетрудно убедиться, что величина k может быть выражена формулой:

$$k = \frac{(w'_1 - w'_2) \gamma_0}{w'_1 + 100} \quad (4)$$

где γ_0 — вес единицы объема торфа при начальной влажности, w'_1 и w'_2 — начальная и конечная абсолютные влажности.

Величины c и m определяются экспериментальным путем. По нашим данным (фиг. 2), зависимость интенсивности сушки от толщины слоя изображается 2 кривыми.

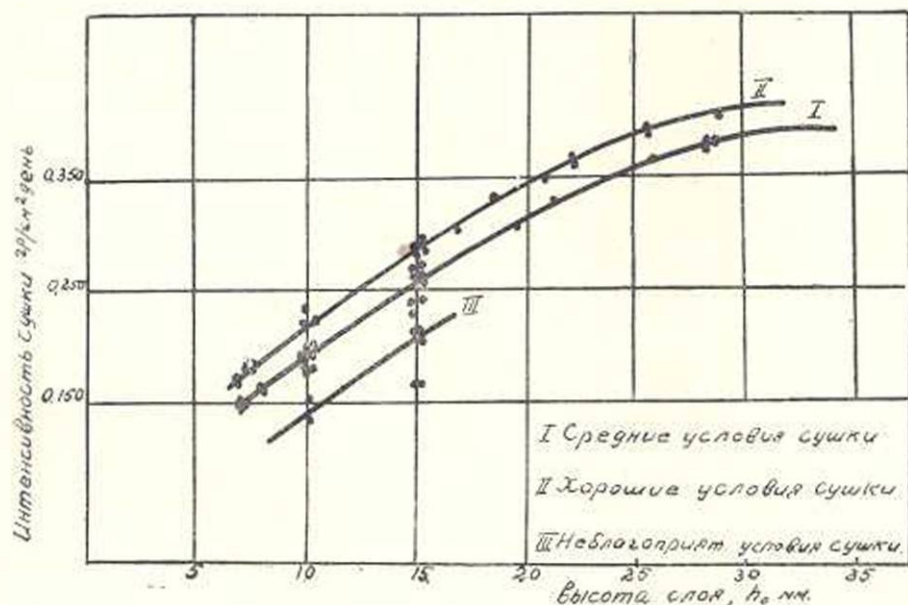
Первая соответствует средним условиям сушки и характеризуется величинами $p = 0,6$ и $s = 0,48 \div 0,5$, вторая — хорошим условиям сушки и характеризуется величинами $p = 0,7$ и $s = 0,46 \div 0,48$.

Экспериментальные точки, относящиеся к сентябрю или к дням, сопровождающимся осадками, оказались вне пределов этих кривых.

Значения p и s , полученные в результате обработки данных наблюдений, являются приближенными, так как сушка осуществлялась при различных состояниях влажности материала.

Среднее значение величины k при условии, что $w_1' = 233\%$ (т. е. $w_1 = 70\%$) и $w_2' = 17,6\%$ (т. е. $w_2 = 15\%$), составит 0,256. Для средних условий сушки оптимальная толщина, согласно формуле (3), будет равна 6 мм. В действительности конечная влажность $w_2 = 15\%$ была достигнута во всех тех опытах, где высота слоя равнялась 6—7 мм.

Очевидно, что значение $h_{\text{опт}}$ проще определить графическим методом. По опытным кривым $i = \varphi_1(h)$ для средних климатических



Фиг. 2. Интенсивность сушки фрезеторфа в зависимости от высоты сохнущего слоя.

условий данного массива, отдельно за каждый месяц, и прямым $Q = \varphi_2(h)$ для различных значений w_2 легко найти средние величины $h_{\text{опт}}$ для достижения заданной конечной влажности.

Указанным методом или уравнениями (3) и (4) можно решить и обратную задачу — определить конечную влажность при заданном $h_{\text{опт}}$.

Учитывая, что скорость сушки v выражается формулой

$$v = \frac{w_1' - w_2'}{\tau} \text{ процент/час,} \quad (5)$$

где τ — продолжительность сушки в часах, получим:

$$k = \frac{\tau v \gamma_0}{100 + w_1} \quad (6)$$

Из (3) и (6) можно определить также продолжительность сушки τ при заданных $h_{\text{от}}$ и v .

Данные наших наблюдений показывают, что для достижения конечной влажности в однодневных циклах, порядка $w_2 = 15-20\%$, начальная толщина сохнущего слоя должна колебаться в пределах 6—10 мм, а скорость сушки — в пределах $4,4 \div 5,4\%$ /час, в зависимости от начальной влажности торфа и метеорологических условий.

Результаты сушки для двухдневных циклов показывают, что при благоприятных климатических условиях конечная влажность достигает величины $w_2 = 20\%$ при начальной толщине слоя $h_0 = 20$ мм.

3. Сопоставление полученных результатов с основными метеорологическими факторами сушки показывает, что влияние последних на интенсивность или скорость сушки не выступает явной закономерностью, вследствие чего попытка составления каких-либо количественных связей эмпирического характера не приводит к положительным результатам.

Сложный характер связи, повидимому, обусловлен следующими причинами: а) из-за сравнительно невысокой начальной влажности сушка осуществлялась преимущественно в период убывающей скорости, характеризуемой более слабой зависимостью от названных метеорологических факторов [5], б) подавляющее большинство наблюдений было проведено в условиях солнечной сушки, что еще больше усугубляет сложность указанной зависимости.

Высокая интенсивность солнечной сушки сопровождается сложным и изменяющимся в течение суток тепловым балансом сохнущего материала.

Температура поверхности сохнущего материала в значительный период времени превышает температуру окружающего воздуха. Температура на поверхности торфяника может подняться до 50°C и даже выше, тогда как максимальная температура в приземном слое воздуха достигает до $30-32^\circ\text{C}$. Для исследуемых сезонов 1951—1952 гг. разность температур залежи и приземного слоя воздуха колебалась в пределах $8,7 \div 29,2^\circ\text{C}$ на поверхности и $1,1 \div 8,4^\circ\text{C}$ на глубине 5 мм.

Понятно, что для указанного периода времени дефицит влажности, рассчитанный по температуре сохнущей поверхности, не может являться мерилем интенсивности сушки.

Учитывая, что в условиях интересующего нас района достижение желаемой конечной влажности, порядка $w_2 = 15 \div 20\%$, можно ожидать в основном при радиационном режиме сушки, представляет известный интерес определение степени использования суммарной радиации.

Последняя, как известно, представляет собой отношение израсходованного тепла на сушку к поступившему количеству суммарной радиации солнца и выражается зависимостью:

$$K_c = \frac{Q' \tau}{I + i}, \quad (7)$$

где Q' — интенсивность сушки (испарения) в $\text{кг}/\text{см}^2 \text{ час}$,
 τ — полная теплота парообразования. Она может быть принята равным порядка 600 $\text{ккал}/\text{кг}$,

$I + i$ — интенсивность прямой и рассеянной радиации в $\text{ккал}/\text{см}^2 \text{ час}$.

В связи с тем, что по имеющимся у нас данным можно было определить лишь суточные суммы суммарной радиации, были получены усредненные величины K_c для однодневных циклов.

Как и следовало ожидать, коэффициент использования суммарной радиации оказывается тем меньше, чем тоньше слой.

Так, для слоя толщиной $h_0 = 6,5 \div 10 \text{ мм}$, $K_c = 24,5\%$, а при $h_0 = 14 \div 15 \text{ мм}$, $K_c = 35,5\%$.

Пользуясь усредненными данными для величины K_c можно ориентировочно рассчитать ожидаемую среднедневную интенсивность солнечной сушки по следующим формулам:

$$\begin{aligned} \text{для } h_0 &= 6,5 \div 10 \text{ мм} \\ Q' &= 4,1(I+i)10^{-4} \text{ г}/\text{см}^2 \text{ день}, \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \text{для } h_0 &= 14 \div 15 \text{ мм} \\ Q' &= 5,9(I+i)10^{-4} \text{ г}/\text{см}^2 \text{ день}. \end{aligned} \quad (9)$$

III. *Среднее вероятное количество циклов в сезоне.* Таким образом, при тонкослойном фрезеровании конечная влажность в однодневных циклах достигает значения порядка $w_2 = 15 - 20\%$, что приемлемо с точки зрения последующего брикетирования такого сырья без искусственной сушки.

Однако для обеспечения сезонного сбора фрезеторфа такой влажности необходимо установить вероятное, т. е. ожидаемое количество однодневных циклов в сезоне. С этой целью мы пытались использовать предложенные различными авторами „Погодные“ коэффициенты, суммарно характеризующие влияние комплекса метеорологических факторов на операцию сушки. Они оказались не совсем приемлемы для наших целей в силу того, что характеризовали сушку кускового торфа [5] или фрезеторфа сравнительно высокой влажности [6].

Следует отметить также, что в основу наиболее распространенного „погодного“ коэффициента МТИ принят дефицит влажности воздуха, что не совсем правильно и неоднократно подвергалось критике [7 и др.]. Для радиационного режима сушки, что является доминирующим в рассматриваемых нами условиях, использование

упомянутого коэффициента тем более не целесообразно. Метод, предложенный Степановым („по типам погоды“ [6]), хотя и не встречает каких-либо возражений, но для наших целей он слишком громоздкий.

Все это заставило нас попытаться определить вероятное количество циклов сушки в течение сезона путем непосредственного сопоставления значений основных метеофакторов исследованных периодов с их многолетними данными.

Для сравнения со средними многолетними данными были использованы те „предельные“ значения метеорологических факторов, при которых были достигнуты желаемые результаты сушки в исследованных нами сезонах.

Предельные значения метеофакторов не могут играть роль критериев сушки как в силу недостаточности наблюдаемых сезонов, так и главным образом отсутствием четкой связи между значениями этих факторов и интенсивностью сушки.

Было установлено, что солнечная радиация обеспечит желаемую конечную влажность при тонкослойном фрезеровании торфа в течение всего сезона сушки, кроме первой половины мая и второй половины сентября.

Наблюдения показывают, что благоприятных результатов солнечной сушки можно ожидать на всем протяжении сезона за исключением пасмурных дней и дней сопровождавшихся осадками. Известно также, что осадки в пределах не больше 0,5 мм в сутки могут даже благоприятно влиять на результаты сушки [5].

Исходя из изложенного, вероятное количество дней сушки R можно определить согласно зависимости

$$R = A_1 + A_2 - B_1 \quad (10)$$

где A_1 — среднее многолетнее значение числа дней без осадков,
 A_2 — среднее многолетнее значение числа дней со среднесуточными осадками $\leq 0,5$ мм,

B_1 — среднее многолетнее значение числа пасмурных дней.

Для исследуемого торфомассива ожидаемое количество однодневных циклов по (10) вполне достаточно для обеспечения сезонного сбора сырья.

Есть основание полагать, что отрицательное влияние осадков на следующий день сушки будет иметь место при среднесуточном количестве их 5 мм и более.

По дефициту влажности воздуха, вероятность положительных результатов для слоя фрезеторфа толщиной $h_0 = 5 \div 7$ мм по месяцам сезона составляет (в процентах):

май	июнь	июль	август	сентябрь
5,3	35	75	85	50

т. е. благоприятных результатов можно ожидать в течение 62 дней сезона сушки.

Анализ всех полученных нами данных показывает почти полную сходимость результатов для средних месяцев сезона и значительное расхождение для крайних месяцев (май и сентябрь). Более обстоятельное исследование потенциальных возможностей сушки этих месяцев показывает, что:

а) несмотря на высокое значение среднемесячной суммарной радиации солнца в мае, последний является наиболее неустойчивым периодом для сушки. Температурные условия, влажность воздуха и осадки исключают возможность эффективной сушки в первой половине месяца,

б) из-за низкой среднесуточной радиации вряд ли может быть использована вторая половина сентября.

Как показывают наблюдения положительных результатов можно ожидать и в условиях теневой сушки за июль и август месяцы.

Неблагоприятные дни сентября могут быть компенсированы "хорошими" днями теневой сушки в июле и августе.

Расчеты показывают, что среднее вероятное количество однодневных циклов обеспечит сезонный сбор сырья для работы брикетного завода средней мощности.

В ы в о д ы

1. В метеорологических и гидрологических условиях Гиллийского торфяника можно достичь конечной влажности фрезеторфа порядка $w_2 = 15 - 20\%$ при тонкослойном фрезеровании ($h_0 = 6 - 10$ мм) и однодневных циклах сушки.

2. На основании детального анализа всех основных метеорологических факторов в свете результатов исследования полевой сушки в сезонах 1950—1951 гг., вероятное количество однодневных циклов обеспечит сбор сырья для работы брикетного завода средней мощности.

3. Для построения технологического процесса тонкослойного фрезерования рекомендуется организовать трехсменную работу в течение сезона с тем, чтобы в целях полного использования солнечной радиации, уборка просохшего торфа и фрезерование залежи осуществлялись в вечерние и ночные часы суток.

4. Получены зависимость и дан графический метод для определения оптимальной глубины фрезерования. Получены также уравнения для определения среднедневной интенсивности солнечной сушки.

Ереванский политехнический
институт им. К. Маркса

Поступило 24 X 1952

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Варенцов В. С. Фрезерный торф. Госэнергоиздат, 1947.
2. Прохоров Н. И. Брикетирование торфа на заводах малой мощности. Изд. ММТП РСФСР, 1947.

3. Лыков А. В. Процесс сушки торфа. „Торфяное дело“, № 7, 1934.
4. Лыков А. В. Динамика процесса сушки торфа. „За торф. индустрию“, № 7, 1935.
5. Бегак Д. А. Основы расчета процесса полевой сушки торфа. ГОНТИ, 1939.
6. Степанов М. Р. Определение количества циклов фрезетора в зависимости от погодных условий. „За торф. индустрию“, № 9, 1935.
7. Тополянский Н. М. Методы метеорологических исследований на полях сушки торфа. М.—Л., 1951.

Լ. Տ. Ղուլոյան

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌԻ ԿԼԻՄԱՅԱԿԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ ՖՐԵԶԵՏՈՐՖԻ ԴԱՇՏԱՅԻՆ ԶՈՐԱՑՄԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հոգովածում քննության է տանված Հայաստանի բարենպաստ կլիմայական պայմաններում ֆրեզետորֆի բնական չորացման վրա հիմնված՝ նրա բրիկեացման ավելի պարզ տեխնոլոգիա ստեղծելու հետազոտությունը:

Հետազոտությունը տվել է հետևյալ հիմնական արդյունքները:

1. «Գիլի» տորֆադաշտի կլիմայական և հիդրոլոգիական պայմաններում չորացման միօրյա ցիկլի ընթացքում և բարակաշերտ ֆրեզետորֆի դեպքում ($H_0 = 6 - 10$ մմ) ֆրեզետորֆի խոնավությունը կարելի է հասցնել մինչև 15 — 20 տոկոսի:

2. Արտածված են ֆորմուլաներ և տրված է գրաֆիկ եզանակ՝ ֆրեզետորֆի օպտիմալ խորությունը որոշելու համար: Ստացված են ֆորմուլաներ արեգակնային չորացման օրական միջին ինտենսիվությունը որոշելու համար:

3. Հետազոտության տվյալների և հիմնական օգերևութաբանական գործոնների համեմատական վերլուծության հիման վրա՝ միօրյա ցիկլերի հավանական քանակը միջին հզորության բրիկետային գործարանը կապահովի անհրաժեշտ հումքով:

