

Научная статья  
УДК 676.2.056

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СУШИЛЬНЫХ ЦИЛИНДРОВ ПРИ ИХ МОДЕРНИЗАЦИИ

Геннадий Романович Старцев<sup>1</sup>, Сергей Николаевич Исаков<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> gena.startsev.00@mail.ru

<sup>2</sup> isakovsn@m.usfeu.ru

**Аннотация.** В статье описана конструкция термопланок и влияние их на теплопередачу от пара к внешней поверхности цилиндра.

**Ключевые слова:** сушильный цилиндр, теплопередача, термопланки

**Для цитирования:** Старцев Г. Р., Исаков С. Н. Исследование температурных характеристик сушильных цилиндров при их модернизации // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 620–625.

Original article

## INVESTIGATION OF THE TEMPERATURE CHARACTERISTICS OF DRYING CYLINDERS DURING THEIR MODERNIZATION

Gennady R. Startsev<sup>1</sup>, Sergey N. Isakov<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> gena.startsev.00@mail.ru

<sup>2</sup> isakovsn@m.usfeu.ru

**Abstract.** The article describes the design of thermoplanets and their effect on heat transfer from steam to the outer surface of the cylinder.

**Keywords:** Drying cylinder, heat transfer, thermal plates

**For citation:** Startsev G. R., Isakov S. N. (2025) Issledovanie temperaturnykh harakteristik sushil'nykh cilindrov pri ih modernizacii [Investigation of the temperature characteristics of drying cylinders during their modernization]. Nauchnoe tvorchestvomolodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : proceedings of the XXI All-Russian (national)

Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2025. Pp. 620–625. (In Russ).

Производство бумаги очень энергоемкий процесс. И львиную долю (72 %) расхода энергии, потребляемой бумагоделательной машиной, расходует сушильная часть. А именно 3 % в виде электричества и 69 % в виде пара, и при этом удаляется только 0,7 % влаги из бумаги [1]. Поэтому, даже незначительное увеличение эффективности приведет к значительному экономическому эффекту.

Цилиндр подогревается паром, который подается внутрь. Нагревая поверхность цилиндра, пар охлаждается и конденсируется, скапливаясь внутри цилиндра, и его нужно обязательно удалять. В зависимости от скорости машины возможно два состояния конденсата [2]. Если обороты сушильного цилиндра меньше 2 об/с, то вода скапливается в нижней части цилиндра, образует лужу. Если цилиндр вращается со скоростью более 2,5 об/с, то конденсат, растекаясь по периферии, образует конденсатное кольцо. Если рассматривать этот процесс с точки зрения затрат энергии привода, то в первом случае происходит перемешивание «лужи». Во втором случае энергия также затрачивается, так как происходит перемешивание самого кольца, из-за того, что оно запаздывает от цилиндра, а также от того, что толщина кольца в верхней части меньше, чем в нижней.

Если рассматривать этот процесс с точки зрения передачи тепла от пара к стенке цилиндра, то конденсатное кольцо ухудшает процесс теплопередачи, так как это дополнительное тепловое сопротивление. Для уменьшения этого влияния предлагается внутрь цилиндра устанавливать термопланки (ТП). Предлагаемая конструкция представлена на рис. 1.

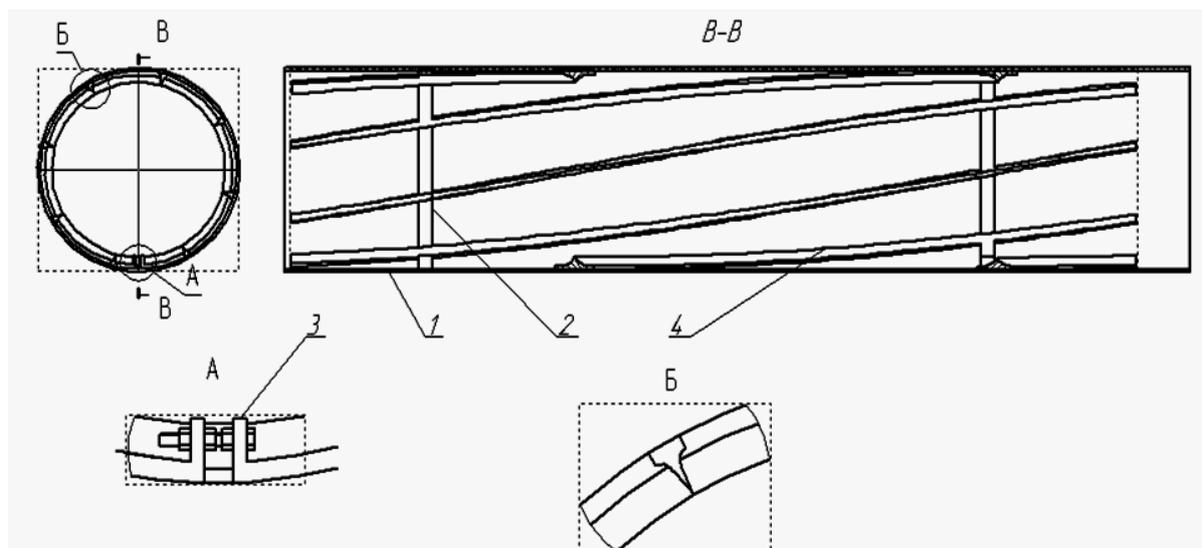


Рис. 1. Винтовые термопланки

Устройство работает следующим образом, внутрь сушильного цилиндра 1 устанавливаются в распор крепежные хомуты 2 с регулировочным узлом 3. На них установлены ТП 4. Шпилькавидная форма сечения ТП (выносной элемент Б) увеличивает площадь контакта пара с ней, что увеличит количество передающего тепла. Винтовая форма ТП увеличивает ее длину, что также повышает эффективность сушки. А конденсат по винтовой линии перемещается в сторону сифона для удаления его из цилиндра, что уменьшает массу цилиндра. Для подтверждения эффективности ТП требуется рассчитать и сравнить температуры поверхностей.

Для проверки адекватности моделей сравним расчет температуры поверхности цилиндра при однородном конденсатном кольце аналитическим и компьютерным способами. Результаты расчетов представлены в табл. 1 и на рис. 2.

Таблица 1

Расчетные температуры поверхности цилиндра, рассчитанные разными способами

Заполнение, %	Температура поверхности, °С	
	компьютерный расчет	аналитический расчет
25	122	126
50	112	113
75	106	100
100	86	83

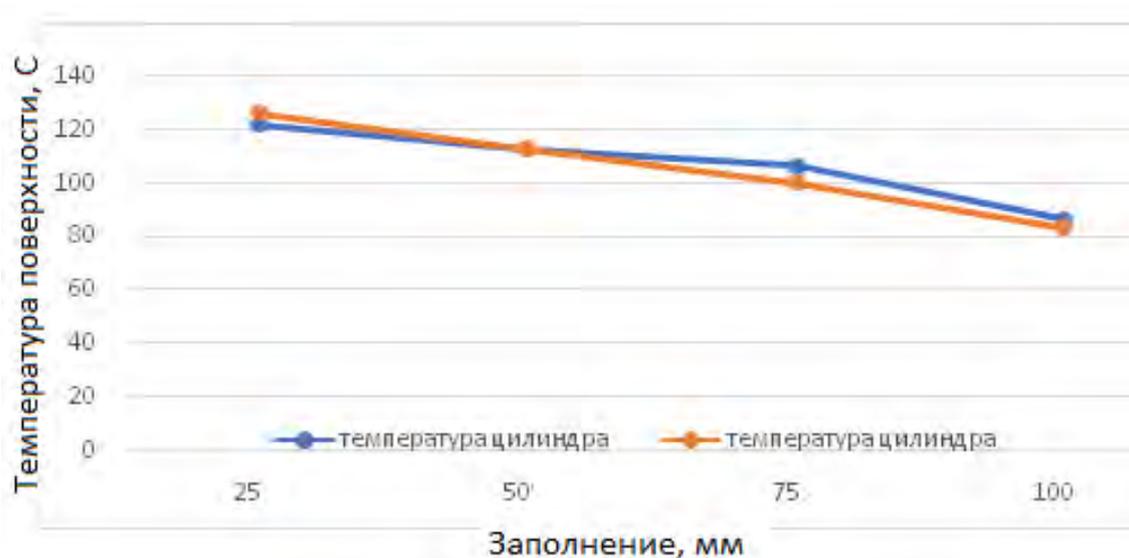


Рис. 2. Сравнение графиков температур поверхности при различном заполнении конденсатом

На рис. 3 и 4 представлены поля температур в однородном температурном поле.

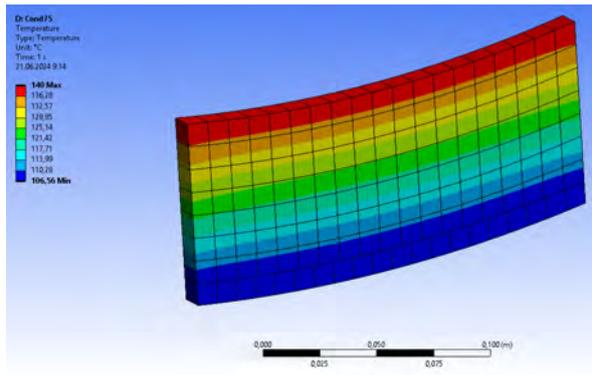


Рис. 3. Картина распределения температур при слое 75 мм

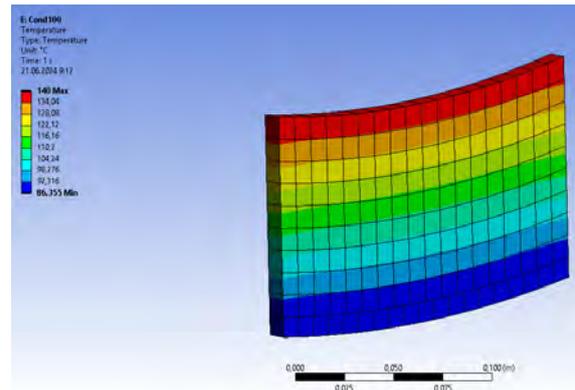


Рис. 4. Картина распределения температур при слое 100 мм

Результаты компьютерного расчета с ТП представлены в табл. 2. Для сравнения представлены и температуры без них.

Таблица 2

Температура поверхности с термопанками и без них

Заполнение, %	Температура поверхности	
	Без термопанки	С термопанкой
25	122	137
50	112	136
75	106	126
100	86	110

На рис. 5–8 представлены поля температур в конденсатном слое с ТП при различных высотах.

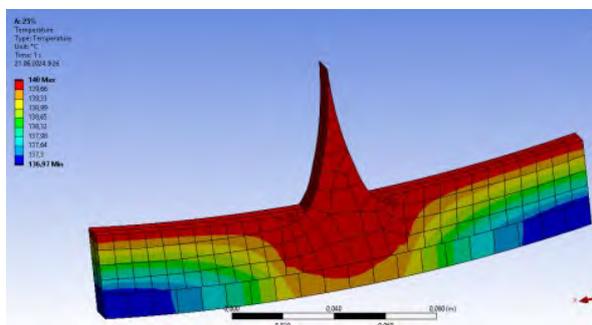


Рис. 5. Картина распределения температур при слое 25 мм

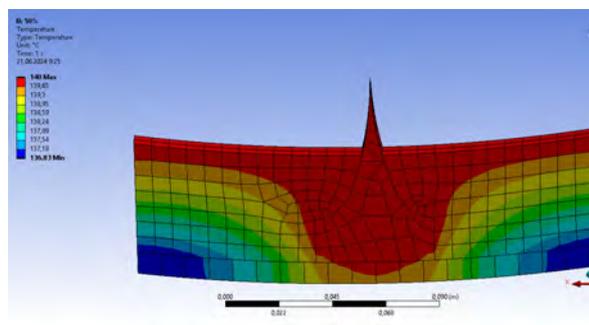


Рис. 6. Картина распределения температур при слое 50 мм

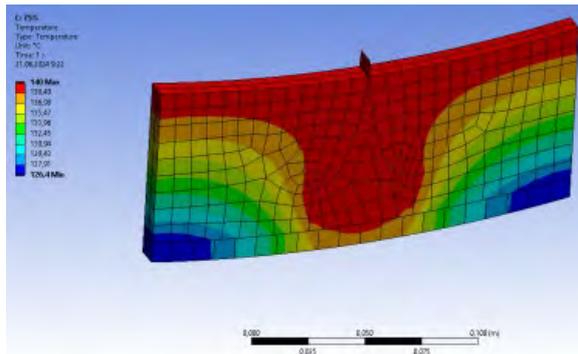


Рис. 7. Картина распределения температур при слое 75 мм

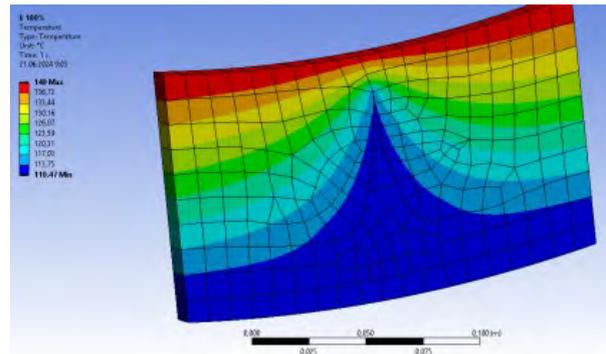


Рис. 8. Картина распределения температур при слое 100 мм

Графики изменения температуры цилиндра с ТП при разных уровнях заполнения, при внутренней температуре пара 140 °С в сравнении температур без ТП, представлены на рис. 9.

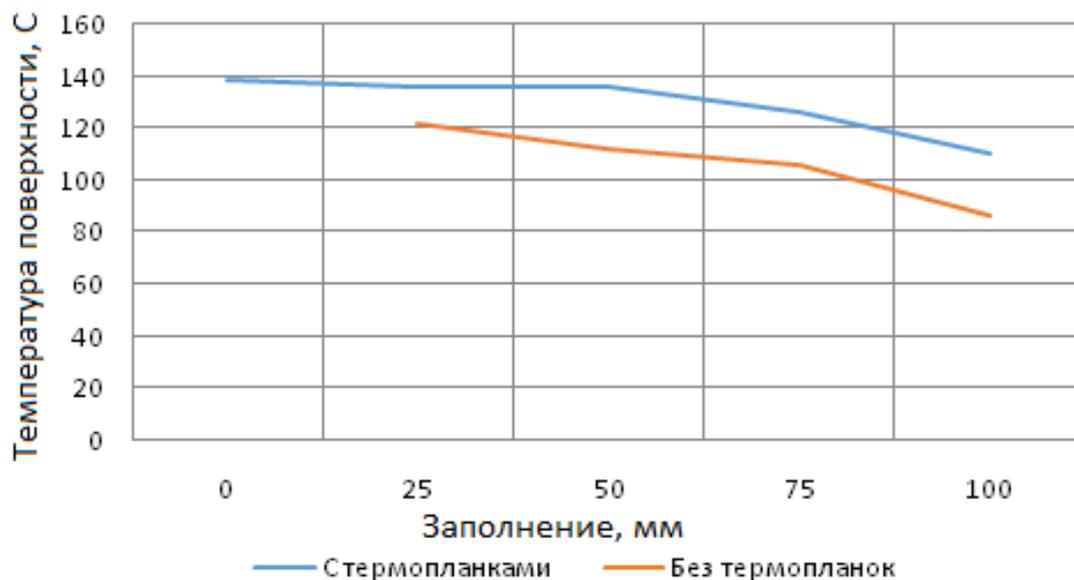


Рис. 9. Сравнение графиков температур поверхности при различном заполнении конденсатом с ТП и без них

В представленной работе рассмотрено исследование технологических и конструктивных характеристик сушильных цилиндров. Смоделирован процесс теплопередачи через конденсатное кольцо с термопланками и без них. Проведено сравнение компьютерных и аналитических расчетов. Компьютерное моделирование показало хорошую сходимость с аналитическим расчетом, расхождение результатов составило от 3 до 6 % в зависимости от толщины конденсатного кольца. Расчет показал, что при использовании термопланок, температура поверхности цилиндра увеличится на 11–27 % в зависимости от толщины конденсатного кольца.

## *Список источников*

1. Теория и конструкция машин и оборудования отрасли. Бумаго- и картоноделательные машины : учеб пособие ; под ред. В. С. Курова, Н. Н. Кокушина. СПб. : Изд-во политехн. ун-та, 2006. 588 с.

2. Старцев Г. Р., Исаков С. Н. Исследование гидродинамических процессов в сушильном цилиндре // Научное творчество молодежи - лесному комплексу России : материалы XIX Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов (Екатеринбург, 03–13 апреля 2023 года). Екатеринбург : УГЛТУ, 2023. С. 587–589.