

готовку (сушку) исходного сырья и приемлемые экспортные цены обеспечивают рентабельность выпускаемой продукции.

Развитие производств по углубленной переработке древесины в Республике Беларусь так же способствует увеличению использования древесных отходов, образующихся при переработке древесины.

На основании выполненных исследований, были получены рекомендации для совершенствования процессов переработки древесного сырья и повышения эффективности производства щепы:

- увеличение объемов использования отходов лесозаготовок (сучьев, ветвей, коры, пней и т.д.) для их дальнейшей переработки;
- повышение эффективности сортировки лесоматериалов;
- внедрение производств по получению пеллет, топливных брикетов, мульчи (из коры) и т.д.
- использования щепы при производстве арболита и других строительных материалов;
- развитие углубленной химической переработки вторичного древесного сырья.

УДК 536.24

Магистрант Т.Г. Рудько

Науч. рук. д.т.н. В.Б. Кунтыш

(кафедра энергосбережения, гидравлики и теплотехники, БГТУ)

### **ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНДЕНСАТОРОВ ПАРА ИНТЕНСИФИКАЦИЕЙ ТЕПЛООБМЕНА ПО ПАРОВОЙ СТОРОНЕ**

Развитие энергетики и теплотехнологических установок на современном этапе стремится к значительному уменьшению потребления топливно-энергетических ресурсов, созданию более эффективных и компактных теплообменников.

Применяемые в настоящее время поверхностные конденсаторы имеют ряд преимуществ и недостатков. К недостаткам поверхностных конденсаторов относятся: значительная металлоемкость и габариты, потребность в чистой воде во избежание засорения трубок.

Создание более эффективных и компактных теплообменников обеспечивает значительную экономию топлива, металла и затрат труда.

Повышение энергетической эффективности, уменьшение габаритов и металлоемкости конденсаторов паровых турбин посредством интенсификации теплообмена по паровой стороне – в этом

заключается в внедрении эффективных способов интенсификации теплообмена со стороны пара с учетом ранее вычисленных коэффициентов сопротивления и теплоотдачи со стороны воды.

Актуальность темы заключается в повышении технического уровня теплообменного оборудования посредством интенсификации теплообмена как со стороны воды, так и пара, для улучшения общих характеристик теплоэнергетических установок.

Наиболее удобной поверхностью теплообмена являются трубы с наружными канавками и внутренними под ними выступами. Технология изготовления как труб с поперечными канавками, так и спиральными освоена промышленностью, но последние более технологичны. Вместе с этим интенсивность теплоотдачи у них ниже лишь на 5-7%.

Трубы с поперечными канавками предложены профессором Дрейцером Г.А.[1] (рисунок 1). Трубы со спиральными канавками разработаны и исследованы в ЦКТИ им. И. И. Ползунова и Ленинградском металлическом заводе (рисунок 2).

Также несколько слов о капельной конденсации пара, сейчас достигнут результат ее поддержания при эксплуатации  $\approx 0,5$  года.

Капельная конденсация происходит в условиях естественного движения, когда конденсат не смачивает поверхности стенки. Это обычно наблюдается на поверхности стенок, покрытых тонким слоем масла, керосина или жирных кислот. При капельной конденсации теплоотдача в 5–10 раз выше, чем при пленочной. Однако пленочная конденсация имеет наибольший практический интерес, поскольку она встречается преимущественно в различные рода промышленных теплообменных аппаратах. Предполагается, что при ламинарном движении пленки конденсата тепло передается через слой пленки теплопроводностью.

Коэффициент теплоотдачи в этих условиях практически не зависит от тепловой нагрузки поверхности охлаждения и возрастает с увеличением скорости пара и уменьшением высоты поверхности конденсации. Чистую капельную конденсацию можно получить в незначительной степени лишь при применении специальных модифицированных материалов только в течение короткого времени. При этом благоприятствующим конденсации обстоятельством является небольшая вязкость высокое поверхностное натяжение конденсирующейся среды. Ввиду того что для обеспечения устойчивой капельной конденсации на поверхность теплообмена нужно непрерывно подавать «смазывающее» вещество, которое к тому же загрязняет эту поверхность, промышленного применения этот спо-

соб организации капельной конденсации не нашел. На практике встречаются в лучшем случае явления смешанной конденсации; этим и объясняется та производительность конденсаторов, которая намного превышает значения, получаемые согласно теории конденсатной пленки. Интересно, что в опытах, проведенных до настоящего времени, наиболее трудным оказалось получение капельной конденсации на алюминиевых и стальных трубках, в отличие от трубок из хромоникелевой стали, на поверхности которых капельная конденсация может быть достигнута легче.

Для устранения недостатков и создание более эффективных и компактных теплообменников необходимо выбрать более подходящий метод интенсификации, с учетом коэффициента теплоотдачи со стороны пара и воды.

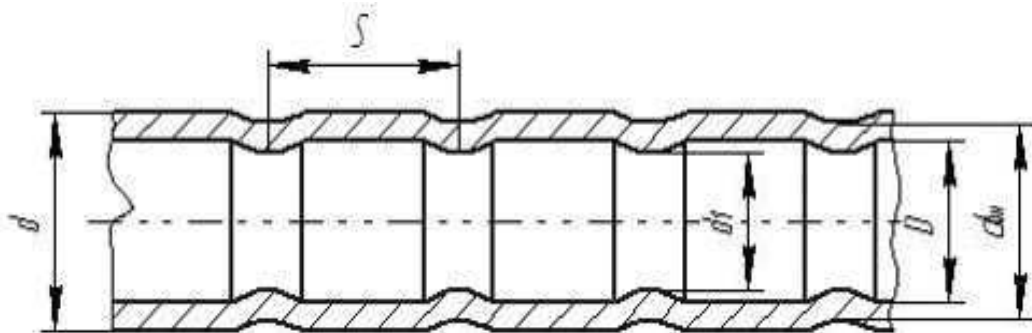


Рисунок 1 – Труба с поперечными канавками

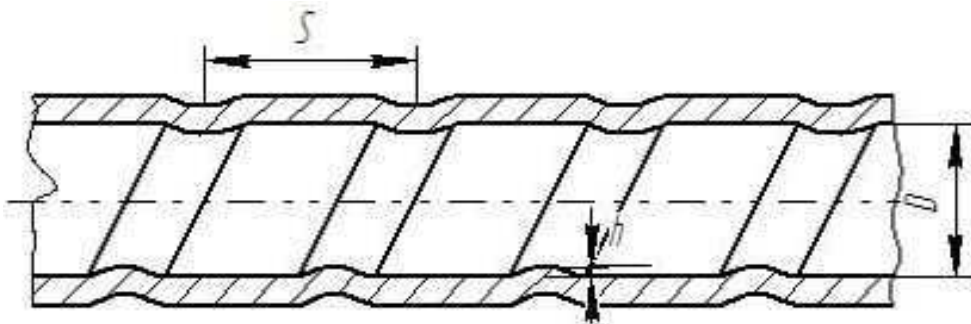


Рисунок 2 – Труба со спиральными канавками

По полученным значениям коэффициентов теплоотдачи и коэффициента трения для труб с поперечными и спиральными канавками по водной стороне  $a_c, a_n$  и  $\zeta_c, \zeta_n$ , при скоростях  $w=1$  м/с и  $w=2$  м/с соответственно равны:

$$a_{1c} = 9597 \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}, \quad (1)$$

$$a_{1n} = 9146 \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}, \quad (2)$$

$$\zeta_{1c} = 0,124, \quad (3)$$

$$\zeta_{1n} = 0,05, \quad (4)$$

$$a_{2c} = 16692 \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}, \quad (5)$$

$$a_{2n} = 15904 \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}, \quad (6)$$

$$\zeta_{2c} = 0,105, \quad (7)$$

$$\zeta_{2n} = 0,047. \quad (8)$$

Приведенное сравнение не учитывает интенсификацию теплоотдачи при конденсации пара, которое влияет также на коэффициент теплопередачи. Поэтому последующие расчеты выполнены с учетом этого процесса. Первоначально нами выполнены расчеты для определения коэффициента теплоотдачи по конденсации водяного пара на гладкой трубе базового конденсатора исходя из того, что коэффициент  $k$  вычислялся по эмпирической зависимости ВТИ.

Весьма эффективными оказались разработанные конструкции труб и в условиях конденсации теплоносителей на их наружной поверхности. По сравнению с другими методами интенсификации при конденсации данные трубы не требуют дополнительного расхода металла на оребрение, обеспечивают интенсификацию теплообмена и внутри труб, а их изготовление отличается технологической простотой.

Повышение технического уровня теплообменного оборудования посредством интенсификации теплообмена улучшает общие характеристики теплоэнергетической установки, включающие интенсифицированные теплообменники. На настоящем этапе развития энергетики, при условии использования современных конструкционных сталей, возможности повышения тепловой экономичности паротурбинной установки и других теплоэнергетических установок путем совершенствования тепловой схемы, повышения начальных параметров пара и повышения КПД турбин и котлов практически исчерпаны. Снижение удельного расхода топлива существенно зависит от совершенства теплообменного оборудования

энергоустановок. Поэтому интенсификации теплообмена служит мощным средством повышения эффективности не только теплообменного оборудования, но и теплоэнергетической установки в целом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Копп И.З., Мякочкин А.С. Эффективные поверхности теплообмена. М.: Энергоатомиздат. 1998. 408 с.

УДК 674.81.028.9

Студ. В.В. Садовский

Науч. рук. доц. О.К. Леонович

(кафедра технологии деревообрабатывающих производств, БГТУ)

#### **ПРИНЦИП КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ И СУШИЛЬНОГО АГЕНТА ПРИ БЕССТУПЕНЧАТЫХ РЕЖИМАХ СУШКИ**

При бесступенчатых режимах сушки уровень испаряемости влаги с поверхности древесины принято оценивать с помощью величины, которая называется градиент или потенциал сушки, который равен:

$$G = \frac{W}{W_p},$$

где  $W$  – влажность древесины, %;

$W_p$  – равновесная влажность древесины для воздуха данного состояния, %;

Если  $G=1$ , то древесина находится в условиях гигроскопического равновесия со средой и изменять свою влажность, т.е. сохнуть не будет. Чтобы сушка происходила, нужно, чтобы выполнялось условие:  $G>1$ . Чем градиент больше, тем быстрее происходит процесс сушки. Для обеспечения высокого качества сушки пиломатериала по результатам последних исследований градиент сушки должен находиться в диапазоне влажности от  $W_n$  до 15% поддерживается постоянным:  $G = \text{const} \approx 3,5$ .