

Повышение эффективности сушки на бумаго- и картоноделательных машинах*

Л. М. Бойков, Д. А. Прохоров, Е. Н. Ионин,
СПб ГТУРП

Эксплуатируемые сегодня бумаго- и картоноделательные машины (БКДМ) работают весьма неэффективно. На ряде машин целлюлозно-бумажных комбинатов имеет место существенный перерасход пара и тепловой энергии (до 40 %). Кроме того, на многих машинах отмечается значительная недовыработка выпускаемой продукции, вследствие снижения интенсивности сушки полотна в сушильных установках. При этом зачастую выпускается продукция пониженного качества. Повышение эффективности работы действующих БКДМ имеет актуальное значение не только для рентабельности работы предприятий на современном этапе их развития, но и для перспективного развития ЦБП в целом для всей страны.

В настоящее время на многих предприятиях бумажной промышленности России эксплуатируются БКДМ малой и средней производительности, изготовленные еще до 80-х годов прошлого столетия. Эти машины имеют ряд общих недостатков и особенностей:

- использование в ряде случаев параллельной схемы теплоснабжения;
- разбивка цилиндров по паровым группам не соответствует закономерностям сушки;
- расход пара на каждый цилиндр и на паровые группы цилиндров не соответствует расчетным значениям;
- низкие значения давления пара по паровым группам и малые перепады давления между группами;
- в трубопроводах отвода конденсата от машин отмечается наличие значительного количества пролетного пара;

- нестабильность теплового и гидравлического режимов работы сушильных установок;
- неудовлетворительный температурный график работы сушильных установок;
- не учитываются закономерности сушки и формы связи влаги с материалом;
- частые обрывы полотна;
- неудовлетворительный профиль влажности по ширине полотна;
- часто меняющийся ассортимент выпускаемой продукции;
- конструкции сушильных установок и схемы пароконденсатных систем действующих БКДМ не соответствуют современным требованиям перспективного развития отрасли.

Настоящая работа посвящена решению актуальных вышеперечисленных проблем, стоящих перед производственными предприятиями. Производственные проблемы должны быть решены простыми и понятными для обслуживающего персонала способами и на основе современных научных представлений теории и механизма сушки на разных стадиях сушильного процесса с учетом форм связи влаги и материала.

Известно, что при изготовлении бумаги или картона на разных стадиях обезвоживания полотна удаляется различное количество воды: в сеточной части машины удаляется 77-97,2 %, в прессовой – 17-18 %, а в сушильной части – только 0,7 – 0,5 % всей воды из исходной бумажной массы. При этом расходы энергии на обезвоживание полотна в частях машины составляют соответственно: в сеточной части – 11-13 %; в прессовой – 7-17 %; в сушильной части – 72-77 % всей расходуемой на машине энергии. Следовательно, на процесс сушки полотна затрачивается наибольшее количество энергии (рис. 1). Однако при этом удаляется незначительное количество влаги из материала. Поэтому для того чтобы снизить затраты теплоты необходимо интенсифицировать процесс сушки.

*Часть материалов, опубликованных в предлагаемой статье, – результат научно-исследовательской работы (НИР), часть которой осуществляется при поддержке фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, на основании победы в конкурсе УМНИК (участник молодежного научно-инновационного конкурса) – 2014.

В результате проведения работ по исследованию тепломассопереноса в капиллярно-пористых телах при интенсивном парообразовании с учетом движения фронта испарения было установлено, что повышение начальной сухости полотна перед сушкой на каждый 1 % способствует снижению расхода пара и теплоты на сушку на 4,5 %, а также сопровождается повышением производительности сушильной установки на 4,66 %.

Интенсификация сушильного процесса и сокращение расхода теплоты на сушку достигается также за счет подогрева полотна в сеточной или прессовой части машины перед поступлением полотна в сушильную установку.

Кроме того, в ходе проведения расчетов сушильной части машины и исследований кинетики сушки, а именно по результатам расчетов расхода пара по цилиндрам без продувки и с учетом продувки, построен график (рис. 2), из которого следует, что необходимо обеспечить неравномерное поступление расхода пара по цилиндрам, что не соблюдается на работающих сушильных установках.

Наибольший расход пара следует подавать на цилиндры, работающие в периоде прогрева, и цилиндры, работающие в начале второго периода сушки. Незначительный расход пара надо подавать на цилиндры в конце сушки полотна. Однако сюда следует подавать пар более высокого потенциала, т. е. с более высокой температурой. В противном случае сушильные установки будут работать с пониженной производительностью и большим количеством пролетного пара.

Чтобы получить максимальную производительность машины и минимальные удельные затраты теплоты на сушку продукции необходимо произвести перераспределение цилиндров по паровым группам в соответствии с периодами сушки полотна и обеспечить перераспределение расхода пара по цилиндрам в соответствии с требуемым расходом.

На основе анализа современного состояния сушильной техники намечены мероприятия, позволяющие на действующих БКДМ добиться дальнейшего повышения производительности и снижения затрат теплоты на сушку. К таким мероприятиям относятся:

- Повышение эффективности работы сушильных установок за счет реконструкции пароконденсатных систем и усовершенствования систем вентиляции БКДМ.
- Сокращение расхода пролетного пара путем последовательного перепуска пара по паровым группам сушильных цилиндров.
- Оптимизация конструкции сушильных установок и повышение влагосъема путем частичного или полного отключения по пару и конденсату цилиндров нижнего яруса.
- Изучение кинетики и механизма контактно-конвективной цилиндрической сушки. Научное обоснование более совершенного механизма сушки полотна с односторонним

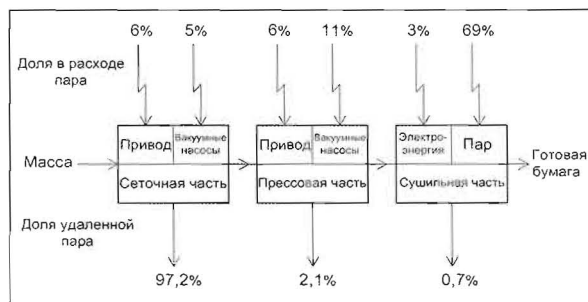


Рис. 1. Распределение расхода энергии на современной бумагоделательной машине

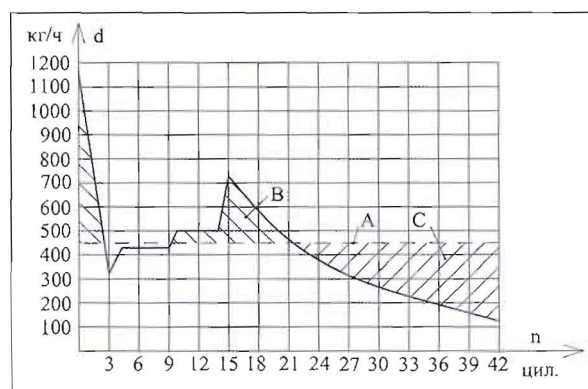


Рис. 2. Необходимый расход пара в цилиндры сушильных установок бумагоделательных и картоноделательных машин в соответствии с тепловым расчетом: А – среднее значение расхода пара на каждый цилиндр при параллельной схеме теплоснабжения; В – недостаток поступления пара на цилиндры; С – перерасход пара на цилиндры в конце сушки.

подводом теплоты, который успешно апробирован в производственных условиях.

- Перераспределение расхода пара по цилиндрам с помощью подпорных дроссельных шайб фиксированного проходного сечения.
- Перераспределение сушильных цилиндров по паровым группам в соответствии с кинетикой, особенностями, закономерностями сушки и формами связи влаги с материалом.
- Стабилизация теплового и гидравлического режимов работы машин. Разработана и апробирована в промышленных условиях система стабилизации теплового и гидравлического режимов работы БКДМ путем установки на конденсатопроводах каждой группы цилиндров подпорных дроссельных шайб.

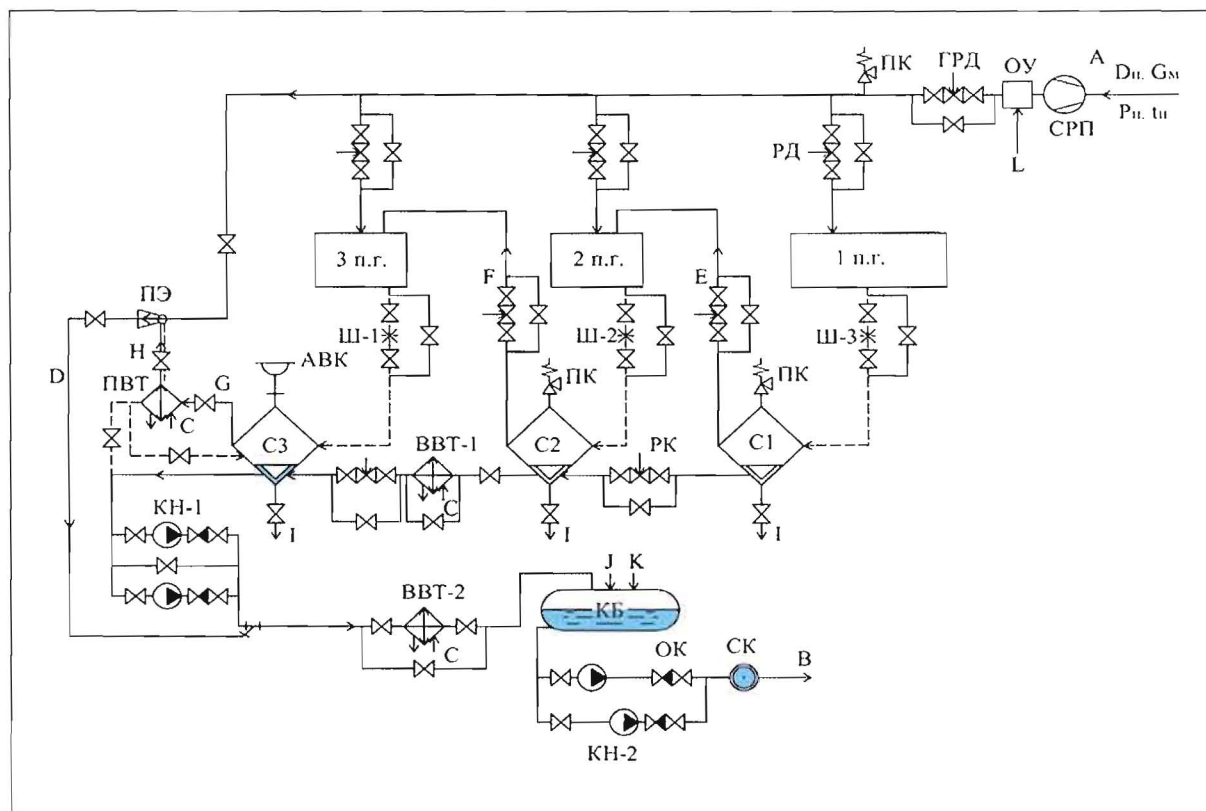


Рис. 3. Принципиальная схема ПКС с тремя сепараторами и тремя паровыми группами:

А – подвод пара к сушильной установке от котельной; В – отвод конденсата от сушильной установки в котельную; С – подвод воды к теплообменникам; D – отвод воздуха от пароконденсатной системы к пароструйному эжектору; E – вторичный пар на вторую паровую группу; F – третичный пар на третью паровую группу; G – пар из сепаратора № 3 на парожидкостный теплообменный аппарат; H – отвод воздуха на пароструйный эжектор; I – слив конденсата; J – подвод конденсата от калориферов системы вентиляции; K – подвод конденсата с производства; L – подвод конденсата или питательной воды 1 п.г., 2 п.г., 3 п.г. – паровые группы № 1, № 2, № 3; C1, C2, C3 – сепараторы № 1, № 2, № 3; ВВТ-1, ВВТ-2 – водо-водяные теплообменные аппараты; ПВТ – пароводяной теплообменный аппарат; Ш-1, Ш-2, Ш-3 – дроссельные подпорные шайбы; ПЭ – пароструйный эжектор; КБ – конденсатный бак; РД – регулятор давления; РК – регулирующий клапан; КН-1, КН-2 – конденсатные насосы; СК – счетчик конденсата; ОУ – охлаждающая установка; СРП – счетчик расхода пара; АВК – автоматический воздушный клапан; ПК – предохранительный клапан; ОК – охладитель конденсата

- Уточнение методики теплового расчета сушильных установок БКДМ.

- Научное обоснование увеличения длины свободного пробега полотна до оптимальной, что позволит оптимизировать конструкцию сушильных установок и ускорить сушку. Апробировано на действующих БКДМ.

- Обеспечение более полного возврата конденсата (без пара) от машины путем более полного использования паров вторичного вскипания и теплоты парообразования пролетного пара для сушки полотна.

- Интенсификация тепломассопереноса и повышение производительности сушильных установок быстросходных широкоформатных БДМ достигаются путем установки внутри цилиндров верхнего ряда термопланок, которые разрушают конденсатное кольцо и ускоряют теплоотдачу от пара к внутренней стенке цилиндров.

- Установка водо-водяных теплообменных аппаратов на конденсатопроводах от машин до баков сбора конденсата и пароводяного теплообменника, работаю-

щего на пролетном паре и парах вторичного вскипания, удаляемых из последнего сепаратора.

- Использование пароструйных эжекторов для экономии теплоты и снижения расхода пара на машину.

- Применение парового ящика перед сушильной частью БКДМ. Промышленная апробация использования парового ящика на сеточном столе машины произведена на предприятиях отрасли.

- Подача под машину и в межцилиндровое пространство разного количества воздуха по зонам сушки в соответствии с кинетикой процесса сушки полотна.

- На паропроводе подачи на машину сильно перегретого пара установить охлаждающее устройство, чтобы снизить температуру пара и сэкономить расход острого пара.

- Для сушки картона и бумаги рекомендуется более широко использовать конвективный способ подвода теплоты к высушиваемому полотну. На основе сравнительного анализа различных способов сушки установлено, что конвективный способ подвода теплоты к высушиваемому полотну является наиболее рациональным по интенсивности процесса, энергетическим затратам, металлоемкости установок и качеству продукции.

На основе вышеперечисленных мероприятий реализована схема ПКС.

А теперь перейдем к экономической стороне вопроса, поскольку цель любого предприятия является получение максимальной прибыли при минимальных финансовых вложениях. Результатом модернизации пароконденсатных систем бумаго- и картоноделательных машин является снижение удельных затрат теплоты на сушку бумажного полотна, а также увеличение производительности БКДМ.

А именно, реально полученный эффект от экономии тепловой энергии после модернизации на одной из фабрик составляет [1]:

производительность БДМ вследствие модернизации ее пароконденсатной системы повысилась с 59,7 до 68,75 т бумаги для гофрирования/сутки. Соответственно, принимая

во внимание, что машина работает 330 суток в год, получаем экономию 2986 тонн бумаги /год. Учитывая, что одна тонна бумаги стоит в среднем составляет 1250 руб., то экономия от увеличения производительности составит 3,733 млн руб. в год.

Увеличение производительности машины сопровождается снижением удельного расхода теплоты, а именно на 0,37 Гкал/т бумаги, т.е. на 28,5 %. Следовательно, экономия тепла составила 8394,4 Гкал/год. Принимая, что 1 Гкал тепла стоит в среднем 600 рублей, то экономический эффект от снижения удельных расходов тепла составил 5,04 млн руб.

Принимая во внимание капитальные затраты на реконструкцию, такие как: приобретение нового оборудования: новых насосов, теплообменных аппаратов, сепараторов, более мощных вытяжных вентиляторов, и др., срок окупаемости представит собой отношение капитальных затрат к прибыли предприятия, полученной от внедрения. Для среднестатистической среднеходной машины с обрезной шириной полотна 2,54,2 м, срок окупаемости составит примерно 36 месяцев.

Таким образом, с целью повышения эффективности работы машин, доказана целесообразность реконструкции пароконденсатных систем сушильных установок БДМ и КДМ.

Список литературы.

1. Бойков Л. М. Повышение эффективности сушки путем модернизации пароконденсатных систем бумагоделательных, картоноделательных машин и гофроагрегатов. СПб.: СПб ГТУРП, 2014. - 511 с.

2. Бойков Л. М. Теплотехника целлюлозно-бумажного производства. Теплоэнергетические и теплотехнологические установки: учеб. пособие / Л.М.Бойков. СПб.: – СПб ГТУРП, 2002. – 117 с.

3. Бельский А. П. Расчет и проектирование сушильной части бумагоделательных машин: учеб. пособие / А. П. Бельский. СПб.: СПб ГТУРП, 2000, – 130 с.

**Следующий номер журнала
«Целлюлоза. Бумага. Картон.»
выйдет из печати
в конце апреля 2015 года.**