

**АНАЛИЗ КОНВЕКТИВНЫХ СУШИЛЬНЫХ МАШИН
ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Покровский А.А., Пучков П.В., Колобов М.Ю.

Покровский Аркадий Алексеевич, Пучков Павел Владимирович
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
г. Иваново, Россия. 153040, Ивановская область, г. Иваново, пр. Строителей, 33.

E-mail: aapokrovsky@mail.ru, palpuch@mail.ru

Колобов Михаил Юрьевич

Ивановский государственный химико-технологический университет,

г. Иваново, Россия. 153000, Ивановская область, г. Иваново, пр. Шереметевский, 7.

E-mail: mikhaikolobov@rambler.ru

Проведен анализ установок для сушки текстильных материалов. Обосновано применение перегретого пара в качестве теплоносителя при конвективном способе сушки различных материалов. На основе анализа способов сушки и различных вариантов конструктивного оформления сушильных установок предложен вариант комбинированной установки для удаления органического растворителя из синтетической кожи. Помимо перегретого пара сушилка включает в себя механические устройства для более интенсивного подвода влаги из внутренних слоев материала на ее поверхность.

Ключевые слова: сушка, текстильный материал, перегретый пар, сушильная машина

**ANALYSIS OF CONVECTION DRYERS
FOR TEXTILE MATERIALS**

Pokrovsky A.A., Puchkov P.V., Kolobov M.Yu.

Pokrovsky Arkady Alekseevich, Puchkov Pavel Vladimirovich

Ivanovo Fire and Rescue Academy of State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia,
Ivanovo, Russia. 153040, Ivanovo region, Ivanovo, Stroiteley ave., 33.

E-mail: aapokrovsky@mail.ru, palpuch@mail.ru

Kolobov Mikhail Yurievich

Ivanovo State University of Chemical Technology,

Ivanovo, Russia. 153000, Ivanovo region, Ivanovo, Sheremetevsky ave., 7.

E-mail: mikhaikolobov@rambler.ru

An analysis of installations for drying textile materials was carried out. The use of superheated steam as a coolant in the convective method of drying various materials is justified. Based on an analysis of drying methods and various design options for drying installations, a variant of a combined installation for removing organic solvent from synthetic leather is proposed. In addition to superheated steam, the dryer includes mechanical devices for a more intensive supply of moisture from the inner layers of the material to its surface.

Key words: drying, textile material, superheated steam, drying machine

Одна из стадий производства синтетической кожи заключается в удалении органического растворителя, оставшегося в материале после экстракции матричного полимера композиционного волокна. Данную стадию можно рассматривать как процесс сушки. В качестве экстрагента матричного полимера возможно использование гептана, декана, ксилолов и толуола. Все используе-

мые растворители оказывают наркотическое воздействие на организм человека и вызывают кожное раздражение. Это говорит о том, что остаточное содержание растворителя в синтетической коже должно быть нулевым. Помимо токсикологических свойств используемых реагентов, алкилбензолы и нормальные алканы представляют собой пожароопасные вещества.

Поэтому для обеспечения безопасности технологического процесса и производства синтетической кожи особое значение имеет выбор и аппаратное оформление процесса сушки. Предварительные исследования показали, что эта стадия в наиболее экологически и пожаробезопасном варианте реализуется в токе перегретого водяного пара. В текстильной промышленности для сушки и термообработки тканей и нетканых материалов применяют в основном два способа подвода тепла к материалу: кондуктивный и конвективный [1].

Кондуктивный способ сушки осуществляется посредством соприкосновения материала с горячей поверхностью сушильных цилиндров. Сушильные цилиндры обогреваются паром, поскольку газовый обогрев нецелесообразен [1].

Конвективный способ сушки осуществляется в машинах при обдуве ткани горячей парогазовой смесью. Достоинствами конвективного способа сушки [2] являются простота конструкции и невысокая стоимость оборудования, а недостатками - высокий удельный расход тепла, сравнительно низкая интенсивность теплообмена между сушильным агентом и поверхностью высушиваемого материала, и, следовательно, повышенная длительность процесса. В нашем случае ввиду нецелесообразности применения кондуктивного способа сушки материала остановимся на анализе конвективных сушилок.

Бунин О.А. [1] классифицировал конвективные машины в зависимости от способа транспортировки ткани через сушильную камеру и от способа ее обдува. В зависимости от способа транспортировки ткани через сушильную камеру различают конвективно-роликовые, завесные петлевые машины и машины с горизонтальной проводкой ткани. В зависимости от способа обдува различают сушилки с общим продольным, сопловым и комбинированным обдувом ткани. Данный признак взят автором за основу при описании конвективных сушильных машин.

В конвективно-роликовых машинах [1] ткань движется по сушилке, огибая два ряда вращающихся роликов и соприкасаясь с ними то одной, то другой стороной. На рис.1 представлена схема одной из трех секций воздушно-роликовой машины типа СВР-120 с продольной обдувкой ткани [1]. Воздух, подогреваемый в паровых пластинчатых калориферах, движется снизу вверх со скоростью 4 м/с в расчете на поперечное сечение камеры. Циркуляция воздуха обеспечивается двумя осевыми вентиляторами производительностью по 1000 м³/ч. Секция включает четыре ряда роликов. Верхний ряд роликов диаметром 80 мм имеет

принудительное вращение от индивидуального электродвигателя.

Средние ряды роликов диаметром 60 мм служат для сокращения свободной петли ткани. Расстояние между верхним и нижним рядами 2,7 м, расстояние между роликами в ряду 150 мм. Температура сушильной среды в камере составляет 100 °С. Машина обеспечивает сушку ткани при давлении пара 0,3 Мн/м² со скоростью 54 м/мин. Производительность по испаренной влаге 230 кг/ч при интенсивности сушки 1,4 кг/м²·ч.

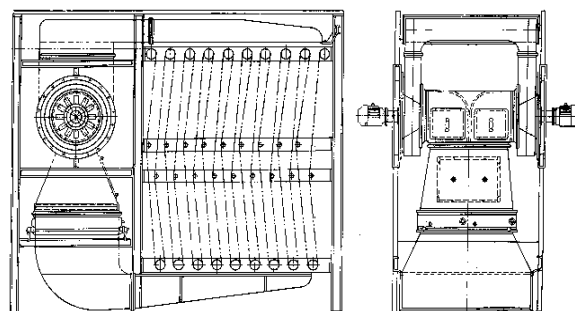


Рис. 1. Секция воздушно-роликовой машины СВР-120
Fig. 1. Section of the air roller machine SVR-120

К машинам данного типа следует отнести также зарубежные аналоги фирм «Матер Платт» и «Кабаяси» [1]. Воздушно-роликовая машина фирмы «Матер Платт» может компоноваться из нескольких секций длиной 2,72 м. Максимальная производительность каждой секции – около 30 м/мин. Каждая секция имеет свой вентилятор и калорифер. Система циркуляции является неэффективной по причине того, что напор вентилятора в значительной мере расходуется на преодоление сопротивлений воздухопроводов.

Воздушно-роликовая сушильная машина японской фирмы «Кабаяси» работает в составе линии чернотанинового крашения со скоростью 50-70 м/мин. Сушильная камера машины состоит из двух одинаковых частей, в каждой из которых имеется два тепловентиляционных блока, состоящих каждый из одного осевого вентилятора, паровых калориферов и воздушного короба для распределения воздуха вдоль камеры.

Горячий воздух продувается вдоль полотен ткани сверху вниз со скоростью 5 м/с. Расстояние между верхним и нижним рядами роликов составляет 1,8 м. Приводными являются верхние ролики.

Для сушки покрытий искусственных материалов, приготовленных с использованием органических растворителей, применяется сушильная камера АПТ-АОПТ (рис.2) [3].

В прямоугольной теплоизолированной камере смонтированы по спирали от периферии к центру транспортирующие ролики и тянущий барабан. В центральной части камеры на одной из ее стенок расположено горизонтальное щелевое выходное отверстие. Входное отверстие находится в верхней части торцевой стенки. Чтобы изменить направление движения материала при выводе его из сушилки, около выходного отверстия установлена под углом 45° к плоскости этого отверстия диагональная поворотная труба. Привод роликов и барабана осуществляется с помощью втулочно-роликовых цепей от электродвигателя через механический вариатор и редуктор. Между петлями материала, заправленного по спирали, устанавливаются плиты, обогреваемые паром. В центре конусообразной крышки камеры имеется отверстие для присоединения патрубка вытяжной вентиляции. Температура в камере поддерживается автоматически с помощью терморегулятора. Ширина материала составляет 1700 мм. Скорость движения ткани 12 м/мин. Температура сушки 90 °С.

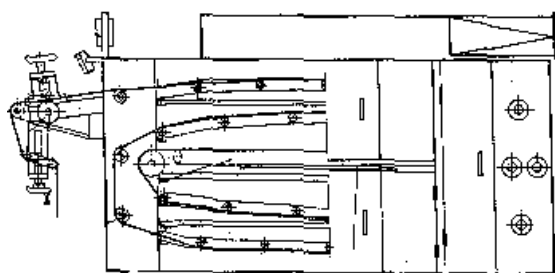


Рис. 2. Камера сушильная конвективная АПТ-АОПТ
Fig. 2. Convective drying chamber APT-AOPT

На ряде предприятий сушка пленок и искусственной кожи осуществляется в петлевых сушилках различных видов [2]. Схема петлевой сушилки представлена на рис. 3. Влажное полотно поступает на ролик 3 петлеобразователя, с помощью которого образуется петля определенной длины. Включающийся цепной конвейер 4 перемещает петлю на расстояние одного шага 100-150 мм. Циркуляция воздуха создается осевым вентилятором. Большое распространение получили длинопетлевые и короткопетлевые машины фирмы «Текстима» [1]. Конвективно-роликовые машины с длинной петлей и общим обдувом ткани считают неперспективными, их применение сокращается. В короткопетлевых завесных сушилках ввиду того, что ткань находится в свободном ненапрянутом состоянии, обдув с большой скоростью движения воздуха невозможен из-за опасности запутывания

ткани. Данные машины предназначены для сушки таких видов ткани, которые требуют условий безнатяжной обработки, и поэтому применение таких машин целесообразно лишь для таких тканей, которые не могут подвергаться обработке в более производительных сушилках.

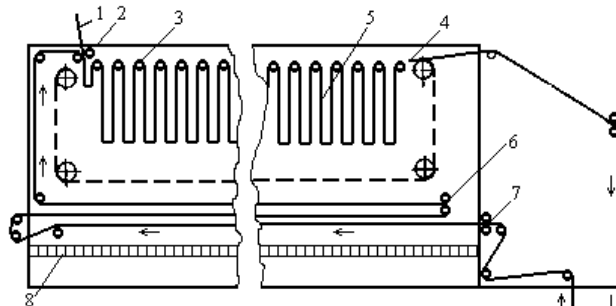


Рис. 3. Схема петлевой сушилки: 1 - высушиваемый материал; 2 - сушильная камера; 3 - ролики петлеобразователя; 4 - цепной конвейер; 5 - петля высушиваемого материала; 6 - направляющие ролики; 7 - наносное устройство; 8 - калорифер
Fig. 3. Loop dryer diagram: 1 - material to be dried; 2 - drying chamber; 3 - looper rollers; 4 - chain conveyor; 5 - loop of material to be dried; 6 - guide rollers; 7 - applied device; 8 - heater

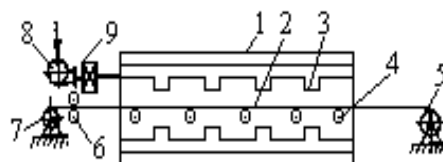


Рис. 4. Схема сушилки для ткани или пленочного материала с сопловым обдувом: 1 - камера; 2 - пленочный материал; 3 - сопла; 4 - ролики; 5 - намоточное устройство; 6 - наносное устройство; 7 - разматочное устройство; 8 - вентилятор; 9 - калорифер
Fig. 4. Diagram of a dryer for fabric or film material with nozzle blowing: 1 - camera; 2 - film material; 3 - nozzles; 4 - rollers; 5 - winding device; 6 - applied device; 7 - unwinding device; 8 - fan; 9 - heater

Очень эффективными зарекомендовали себя машины с сопловым обдувом материала. Сопловые сушилки компактнее ранее применявшихся. Обдув ткани из сопел ведется горячими струями теплоносителя, направленными перпендикулярно поверхности полотна, при этом скорость выхода теплоносителя из сопел составляет 20-40 м/с. Машины данного типа характеризуются высокой интенсивностью сушки, которая при двустороннем обдуве полотна составляет 20-30 кг/м²·ч. Схема сушилки с обдувом из плоских и круглых сопел показана на рис. 4 [2]. Начальная скорость истечения воздуха порядка 100 м/с. Ткань или пленочный материал 2 направляющими роликами подается в сушильную камеру 1. Воздух, нагретый до температуры 150-1700С, центробежными вентиляторами 8 направляется в распределительные короба и через сопла обдувает материал с двух сторон. Ка-

лининским комбинатом искусственных кож изготавливается сушильная воздушно-сопловая камера АПММ-4 (рис. 5) [3]. Сушилка предназначена для сушки и термической обработки длинномерных рулонных материалов (например, тканей и искусственных кож с полиэфируретановым и поливинилхлоридным покрытиями). На раме сушилки, изготовленной из стального проката, устанавливаются вплотную друг к другу секции, которые образуют сквозной сушильный канал.

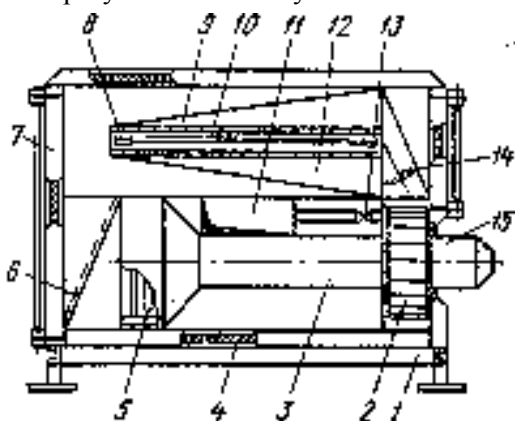


Рис. 5. Камера сушильная воздушно-сопловая АПММ-4: 1 - рама; 2 - центробежный вентилятор; 3 - воздуховод нагретого воздуха; 4 - теплоизоляция; 5 - электро- или паровой calorifer; 6 - сетка-фильтр; 7 - торцовая дверь; 8 - планочный цепной конвейер; 9 - верхняя сопловая панель; 10 - обрабатываемый материал; 11 - центральный вытяжной воздуховод; 12 - нижняя сопловая панель; 13 - регулятор вытяжной вентиляции; 14 - разделительная заслонка; 15 - подшипниковая опора вентилятора

Fig. 5. Air-nozzle drying chamber APMM-4: 1 - frame; 2 - centrifugal fan; 3 - heated air duct; 4 - thermal insulation; 5 - electric or steam heater; 6 - mesh filter; 7 - end door; 8 - slatted chain conveyor; 9 - upper nozzle panel; 10 - processed material; 11 - central exhaust air duct; 12 - lower nozzle panel; 13 - exhaust ventilation regulator; 14 - separating valve; 15 - fan bearing support

Каждая секция имеет автономную систему рециркуляции и поддержания заданной температуры воздуха. В ее состав входят центробежный или осевой вентилятор (один или несколько), теплообменник и сопловые панели. Теплообменник может быть электрический, сопловой, газовый или с жидким высокотемпературным теплоносителем. Применяются сопловые панели щелевые или перфорированные с верхним или двусторонним обдувом материала. Рециркуляция воздуха, как правило, поперечная. Для выравнивания температуры поочередно устанавливаются секции, изготовленные в левом и правом исполнении или симметричные. Для протяжки и транспортирования материала сушилка снабжена заправочной цепью, цепным планочным конвейером или цепным ширителем (игольчатым или клуповым).

Рабочая ширина сушильного канала 1600 мм. Минимальная ширина материала 600 мм. К сопловым сушильным машинам с горизонтальной проводкой ткани относятся сушилки фирм «Дунглер», «Витс» и др. Заправочная длина ткани в таких машинах, как правило, равняется длине сушильной камеры. На рис. 6 показана одна секция сопловой сушилки с горизонтальной проводкой ткани фирмы «Витс» [1]. При таком способе обдува сушка ткани производится как бы на воздушной подушке почти без натяжения. Однако сушилки с однократной горизонтальной проводкой ткани применяются редко, так как имеют при обычной длине машины невысокую производительность ввиду малой заправочной длины ткани.

Для уменьшения длины сопловой сушильной машины и лучшего использования высоты помещения применяют проводку ткани через камеру машины в виде ломаной линии различной формы [1].

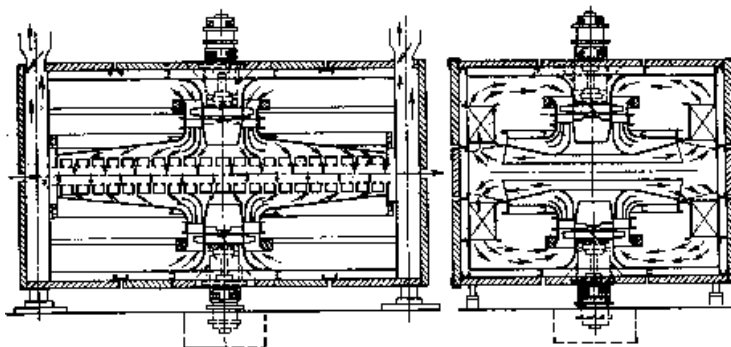


Рис. 6. Сопловая сушилка фирмы «Витс»

Fig. 6. Wits nozzle dryer

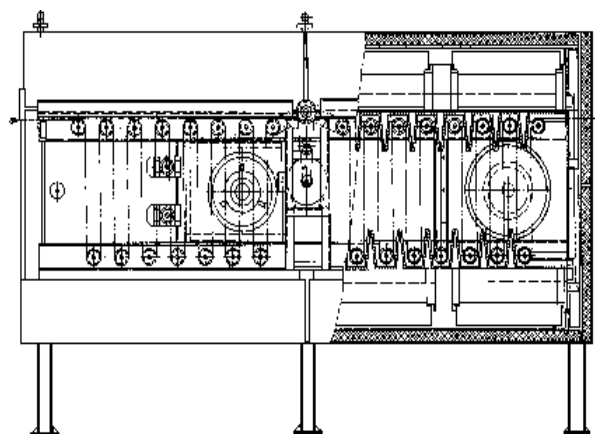


Рис. 7. Конвективно-роликовая сушилка с местной струйной обдувкой ткани

Fig. 7. Convection roller dryer with local jet blowing of fabric

В отличие от конвективно-роликовых машин с общекамерной продольной обдувкой ткани, где низкая интенсивность процесса сушки вызы-

вает необходимость большой заправочной длины ткани, наиболее эффективными зарекомендовали себя конвективно-роликовые петлевые машины с местной струйной обдувкой ткани (рис. 7) [1].

В этой машине ткань проводится петлеобразно по двум рядам роликов с расстоянием между рядами около 1 м. Машины оснащаются мощной тепловентиляционной системой. Напорные короба располагаются над верхним и под нижним рядами роликов. На напорном коробе имеются дутьевые насадки, размещенные между роликами. В зоне расположения насадок происходит интенсивная сушка типа сопловой. Конвективно-роликовые сушилки с местной струйной обдувкой выпускаются рядом фирм: например, «Артос», «Вакаяма». Интенсивность сушки в машинах фирмы «Артос», применяемых при крашении синтетических тканей, достигает $70 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч}$ за счет подвода тепла к ткани как радиацией, так и конвекцией от множества газовых радиационных горелок. Сетчато-барабанные машины (рис. 8) находят свое применение в основном для сушки волокна. Ткань сушится просасыванием горячего воздуха сквозь материал, находящийся на наружной поверхности барабанов с цилиндрической частью, изготовленной из сетки или перфорированного листа.

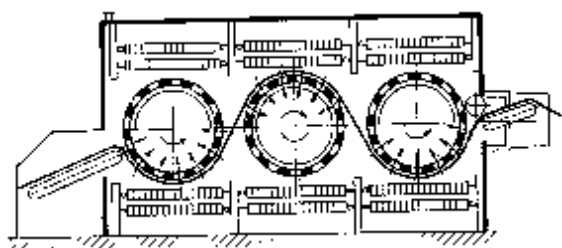
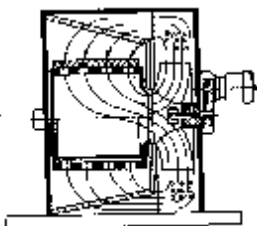


Рис. 8. Сетчато-барабанная машина
Fig. 8. Mesh drum machine

Внутри барабанов создается разрежение за счет подсоединения их к всасывающей стороне циркуляционных вентиляторов. Циркуляционные вентиляторы центробежного типа размещены против каждого барабана. Паровые калориферы размещены в верхнем и нижнем углах сушильной камеры на стороне расположения вентилятора. Для равномерной подачи воздуха на барабаны имеется направляющий аппарат с лопастями расположенными вдоль машины. В сетчато-барабанной сушилке марки СПБ-150 ТК скорость движения полотна через машину может устанавливаться от 3 до 38 м/мин. При сушке трикотажа от 75 до 12% влажности производительность по испаренной влаге составляет 260 кг/ч, удельный расход пара 2,4 кг на 1 кг испаренной влаги.

Значительной интенсификации процесса конвективной сушки добились путем применения

метода псевдоожижения [2, 4]. Данный метод позволяет значительно интенсифицировать многие физико-химические процессы и в первую очередь – процесс теплопередачи. Этот способ является наиболее перспективным для сушки картона, кожи, меха, тканей с полимерным покрытием. К достоинствам такой сушки можно отнести следующее: интенсивность сушки, которая может достигать тысячи $\text{кг/м}^2 \cdot \text{ч}$; возможность сушки при высоких температурах, которые могут превышать допустимые для данного материала вследствие кратковременности его соприкосновения с сушильным агентом; высокая степень использования тепла сушильного агента; возможность автоматического регулирования параметров процесса (в том числе длительности пребывания материала в аппарате). Недостатками являются высокое гидравлическое сопротивление, истирание и износ частиц, повышенный расход электроэнергии. На основе экспериментальных данных фирма British Tuftig Machinery Ltd. построила первую опытно-промышленную установку (рис. 9) [4]. Сушильная часть машины имеет глубину 1,83 м и содержит 1016 кг стеклянных шариков диаметром $0,1 \times 1,0 \text{ мм}$. Последние нагреваются паром, подаваемым в горизонтально



расположенные в сушильной зоне трубы 5 с наружным диаметром 28,6 мм. Количество труб – 400 шт. Необходимый для псевдоожижения воздух вводится через распределительное устройство 6 в нижнюю часть сушильной зоны. В машине может обрабатываться материал шириной до 1,52 м. Ткань движется непрерывно, максимально достигая в двухпроходной машине ~ 44 м/мин, а в однопроходной ~ 22 м/мин. Интенсивность сушки с применением псевдоожиженного теплоносителя достигает $88 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч}$, в то время как для самой лучшей сушильной машины с сопловой обдувкой ткани перегретым паром эта величина не превышает 20 – 34 $\text{кг/м}^2 \cdot \text{ч}$. На основании выше изложенного был сделан вывод [4], что применение псевдоожиженного инертного теплоносителя позволяет использовать для сушки тканей малогабаритное оборудование с высокой интенсивностью единицы объема. На рис. 10 представлен мобильный комплекс, который предназначен для сушки напорных пожарных рукавов [5]. Данная конструкция может применяться в случаях, когда отсутствуют стационарные устройства, а также, когда возникает необходимость доставлять напорные пожарные рукава из одного пожарно-спасательного подразделения в другое.

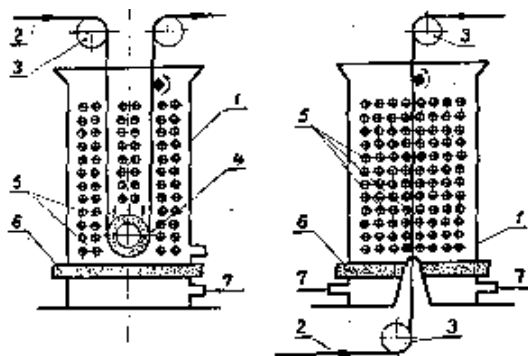


Рис. 9. Схема опытно-промышленной установки British Tuftig Machinery Ltd: 1 - корпус; 2 - ткань; 3 - направляющий барабан; 4 - перфорированный барабан; 5 - трубы для обогрева; 6 - воздухораспределительное устройство; 7 - ввод воздуха
 Fig. 9. British Tuftig Machinery Ltd pilot plant diagram: 1 - body; 2 - fabric; 3 - guide drum; 4 - perforated drum; 5 - heating pipes; 6 - air distribution device; 7 - air input

Мобильный комплекс включает в себя корпус, выполненный в виде герметичной емкости; автономный источник электроэнергии, в качестве которого выступает дизельный генератор; калорифер для нагрева и подачи атмосферного воздуха, стеллажи для размещения пожарных рукавов, штуцеры для подачи и отвода теплоносителя; термометры для измерения и контроля температуры в сушильной камере.

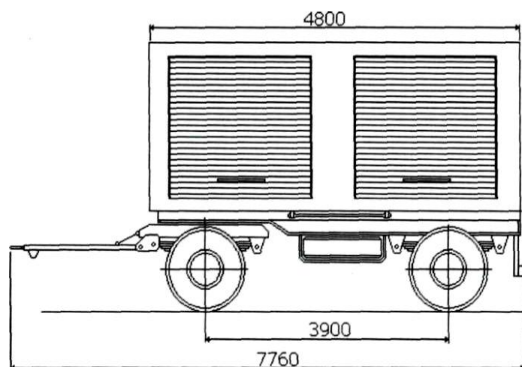


Рис. 10. Общий вид прицепного мобильного комплекса
 Fig. 10. General view of the trailed mobile complex

Экспериментальные исследования показали, что сушка напорных пожарных рукавов с использованием мобильного комплекса при температуре теплоносителя 40 °С занимает более двух часов. При повышении температуры до 60 °С процесс испарения влаги проходит намного быстрее. При этом общее время сушки варьируется от 1,5 до 2 ч. Исследования показали, что повышение температуры воздуха приводит к резкому сокращению общей продолжительности процесса сушки. Однако, ограничение температуры теплоносителя составляет 60 °С, так как дальнейшее ее повышение может негативно отразиться на свойст-

вах высушиваемого материала.

Несмотря на большое количество конструктивных решений, представленных в литературе, очень мало внимания уделено сушильным машинам, где в качестве агента сушки используется перегретый водяной пар. В представленных конвективных сушилках в основном в качестве теплоносителя применяется горячий воздух. Перегретый водяной пар и перегретые пары органических растворителей, имеющие преимущества перед другими теплоносителями, реализованы главным образом при производстве искусственных кож и пленочных материалов, где удаляемой жидкостью являются органические растворители. На выбор сушильного оборудования большое влияние оказывают физико-химические свойства материалов, механизмы тепло- и массопереноса в них.

Предварительные исследования [6] показали, что процесс удаления растворителя из синтетической кожи наиболее целесообразно разбить на две стадии: сушку кожи непосредственно от растворителя и сушку от воды, сконденсировавшейся из водяного пара. Поэтому нами предложен эскизный вариант комбинированной установки интенсивного действия для удаления растворителя из синтетической кожи и ее последующей сушки перегретым водяным паром [7]. Установка состоит из камеры удаления растворителя, промежуточной камеры и камеры сушки синтетической кожи от воды.

Для интенсификации испарения растворителя в первой камере были предусмотрены механические активаторы, позволяющие посредством обжимающего и пульсирующего воздействия на материал трех пар валков значительно увеличить скорость переноса влаги из макрокапилляров кожи на ее поверхность и в паровую среду. Экспе-

риментальные исследования показали, что увеличение степени отжима способствует значительно повышению эффективности процесса удаления растворителя, и уже за три цикла отжима полностью удаляется свободная влага. В камере сушки от воды использование механических активаторов не оправдано вследствие малого влагосодержания материала. Максимальное содержание воды может составлять порядка 45%.

Использование двух камер сушки позволя-

ет применять теплоноситель с различными параметрами на каждой стадии процесса, избежать загрязнения большого объема воды растворителем и использовать испаренную из кожи воду в качестве сушильного агента.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бунин О.А., Малков Ю.А.** Машины для сушки и термообработки ткани. М.: Машиностроение, 1971. 303 с.
2. **Чесунов В.М., Захарова А.А.** Оптимизация процессов сушки в легкой промышленности. М.: Легпромбытиздат, 1985. 112 с.
3. **Факторович Ю.Д.** Оборудование промышленности искусственных кож и пленочных материалов. Справочник. М.: Легпромиздат, 1986. 248 с.
4. **Липин А.Г., Небукин В.О., Липин А.А.** Оценка степени покрытия при капсулировании зернистых материалов в псевдооживленном слое. *Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология.* 2019. Т. 62, № 5. С. 84-90
5. **Покровский А.А., Киселев В.В., Колобов М.Ю.** Разработка мобильного комплекса для сушки напорных пожарных рукавов. *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение.* 2021. № 3 (67). С. 77-83. DOI:10.6060/snt.20216703.00011
6. **Блиничев В.Н., Постникова И.В., Воробьев С.В., Колобов М.Ю., Зуева Г.А.** Интенсификация процесса разрушения поликомпонентных материалов. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2022. Т. 65, вып.1. С. 109-115. DOI:10.6060/ivkkt.20226501.6357j
7. **Блиничев В.Н., Лабутин А.Н.** и др. Проблемы разработки энерго- и ресурсосберегающих процессов, реакторных систем и оборудования интенсивного действия, моделирования и оптимального управления. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2023. Т. 66, вып.7. С. 185-202. DOI:10.6060/ivkkt.20236607.6845j

REFERENECES

1. **Bunin O.A., Malkov Yu.A.** Machines for drying and heat treatment of fabric. M.: Mechanical Engineering, 1971. 303 p.
2. **Chesunov V.M., Zakharova A.A.** Optimization of drying processes in light industry. M.: Legprombytizdat, 1985. 112 p.
3. **Faktorovich Yu.D.** Equipment for the artificial leather and film materials industry. Directory. M.: Legpromizdat, 1986. 248 p.
4. **Lipin A.G., Nebukin V.O., Lipin A.A.** Evaluation of coverage when encapsulating granular materials in a fluidized bed. News of higher educational institutions. *Chemistry and chemical technology.* 2019. Vol. 62, N 5. P. 84-90.
5. **Pokrovsky A.A., Kiselev V.V., Kolobov M.Yu.** Development of a mobile complex for drying pressure fire hoses. *Modern high technology. Regional application.* 2021. N 3 (67). P. 77-83. DOI:10.6060/snt.20216703.00011
6. **Blinichev V.N., Postnikova I.V., Vorobyev S.V., Kolobov M.Yu., Zueva G.A.** Intensification of the process of destruction of polycomponent materials. *Izv. vuzov. Chemistry and chemical technology.* 2022. Vol. 65, issue 1. P. 109-115. DOI:10.6060/ivkkt.20226501.6357j
7. **Blinichev V.N., Labutin A.N.** et al. Problems of development of energy- and resource-saving processes, reactor systems and equipment of intensive action, modeling and optimal control. *Izv.vuzov. Chemistry and chemical technology.* 2023. Vol. 66, issue 7. P. 185-202. DOI:10.6060/ivkkt.20236607.6845j

Поступила в редакцию 14.09.2023
Принята к опубликованию 09.10.2023

Received 14.09.2023
Accepted 09.10.2023