

Введение

Осушение воздуха

Соответствие помещения его функциональному предназначению во многом зависит от микроклимата в этом помещении. Основными факторами, влияющими на климат внутри помещения, являются загрязнение воздуха, посторонние запахи, температура воздуха и его влажность.

В данном руководстве рассматривается один из указанных факторов – влажность воздуха. Под влажностью воздуха понимается количество водяных паров, содержащихся в воздухе. Способность насыщения воздуха водяным паром увеличивается по мере повышения температуры воздуха вплоть до верхней предельной величины, которая называется точкой насыщения или точкой росы. При этой температуре из охлаждаемого воздуха начинает выпадать влага в виде капель конденсата. Хорошо всем известный пример этого – появление мелкокапельной влаги на холодном оконном стекле. Для оценки содержания водяных паров, присутствующих в воздухе, можно руководствоваться двумя параметрами – абсолютной или относительной влажностью.

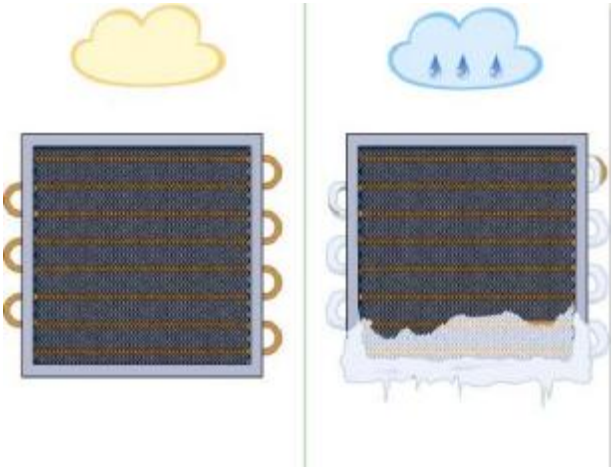
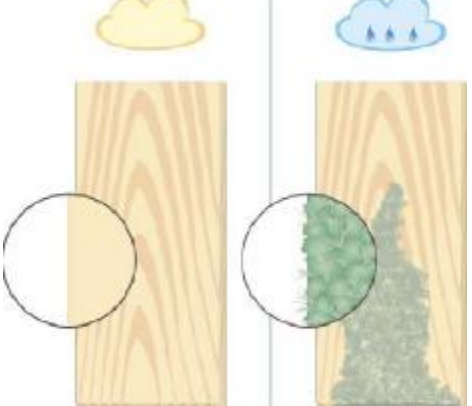
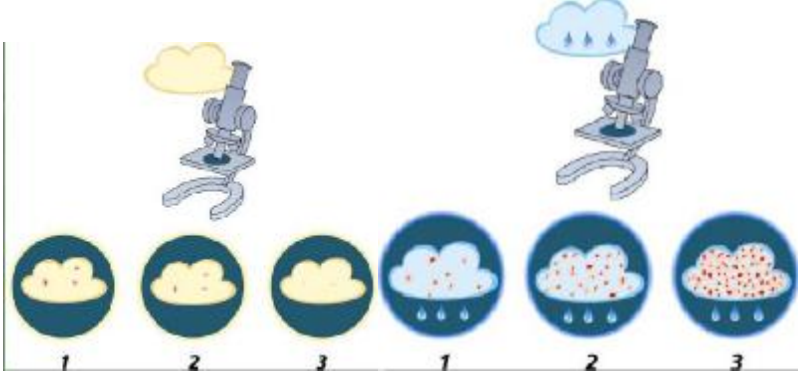

Абсолютной влажностью называется количество водяного пара в граммах, содержащегося в 1 кг воздуха.

Относительной влажностью (%RH) называется процентное соотношение количества водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к максимальному количеству водяного пара, которое может содержаться в воздухе при данной температуре. Во многих случаях повышенная влажность приводит к таким нежелательным явлениям, как гниение, коррозия, образование плесени и к возникновению проблем технического характера. Для устранения этих препятствий и предназначены осушители воздуха.

В данном руководстве всесторонне рассматривается процесс осушения в области применения осушителей, но более подробная информация, касающаяся монтажа и использования конкретного оборудования, приводится в соответствующих технических документах.

Рассмотрим подробнее, какие проблемы может повлечь за собой повышенная влажность.

<p>Коррозия При относительной влажности ниже 50% RH коррозия происходить не будет. При этом осушение воздуха является экономически более выгодным процессом в таких применениях как: мосты, электростанции, корабли и оффшорные конструкции (находящиеся в море).</p>	
<p>Конденсация Конденсация на материалах будет отсутствовать, в том случае, если точка росы окружающего воздуха будет ниже температуры материала. Конденсация может стать причиной многих проблем таких как: коррозия и короткое замыкание электрооборудования</p>	

<p>Образование льда (инея) При низких значениях точке росы, образование льда на поверхностях будет невозможно. И наоборот, в случае если точка росы окружающего воздуха будет выше температуры материала, то будет выпадать конденсат, со временем превращаясь в лёд. Это обычная проблема морозильных камер, и как результат обмерзание испарителя, снижение его эффективности. Избавится от этой проблемы можно осушением воздуха.</p>	
<p>Грибок Образование грибка происходит если относительная влажность воздуха больше 70%. Грибок является очень важной проблемой, например для деревянных изделий. А также в частных домах в которых есть погреб.</p>	
<p>Бактерии Идеальная среда для обитания и размножения бактерий – это влажный воздух. При поддержании относительной влажности ниже 50% бактерии не выживают.</p>	
<p>Запахи Также, чтобы уменьшить степень неприятных запахов можно поддержанием относительной влажности 50% и ниже. Например на очистительных станциях.</p>	

Основные способы осушения

Нагрев и вентиляция

Наиболее известный способ уменьшения влажности в помещении основан не на осушении, как таковом, т.е. удалении влаги из присутствующего воздуха, а на физической способности горячего воздуха удерживать большее количество водяных паров по сравнению с холодным. Поэтому традиционная сушка предполагает нагрев, а затем вентиляцию воздуха. Однако, в настоящее время данный способ осушения является неэффективным. Во-первых, способность поглощения воздухом водяных паров не постоянна и зависит от времени года, окружающей температуры и влагосодержания воздуха, а во-вторых, в связи с постоянным увеличением стоимости энергопотребления, способ осушения посредством нагрева и вентиляции является экономически нецелесообразным, поскольку вся тепловая энергия влажного вентилируемого воздуха полностью теряется.

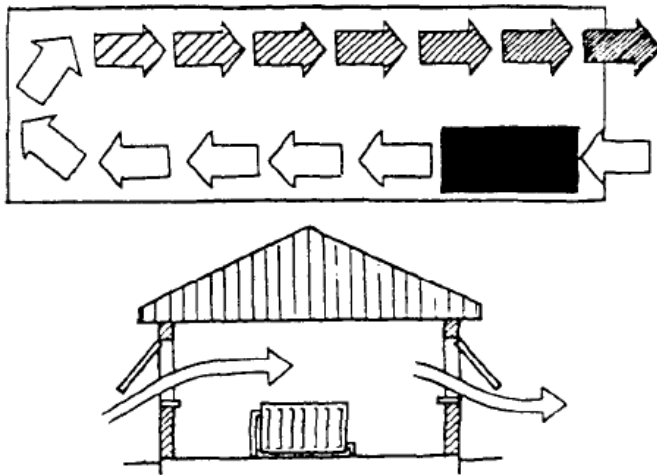
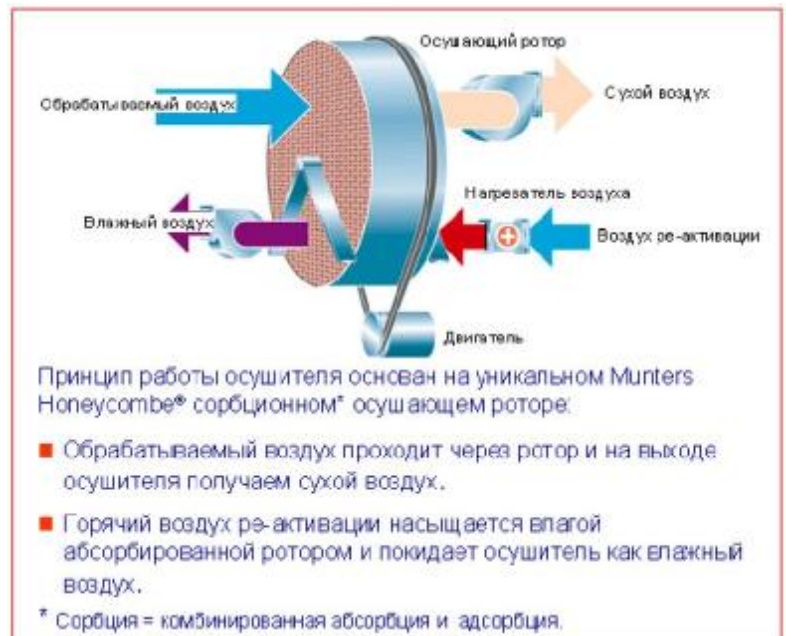


рис.1 Традиционная сушка

Сорбционное осушение

Способ осушения по так называемому принципу сорбции известен уже давно. Этот способ основан на сорбционных (влагопоглощающих) свойствах некоторых веществ – сорбентов. Имея пористо-капиллярную структуру пропитанную химическим сорбентом – происходит извлечение водяного пара из воздуха. Однако, по мере насыщения сорбента влагой эффективность осушения уменьшается. Поэтому сорбент нужно регенерировать, т.е. выпаривать из него влагу путём продувания потоком горячего воздуха, впитывающего водяные пары и забирающего их с собой. На рисунке справа показан принцип осушения воздуха осушителями Munters.



Следует заметить, что в процессе осушения выделяется теплота сорбции, за счёт которой процессорный (осушаемый) воздух перегревается.

Также существует ещё один тип осушения – это «конденсационное осушение». В данном руководстве рассматриваться не будет. Но стоит заметить, что существует определённый диапазон параметров воздуха, при которых целесообразно применять один либо другой метод осушения. Ниже приведена таблица, по которой можно легко с ориентироваться в выборе метода.



рис.1

Области применения и методы подбора осушителей

Области применения

Невозможно перечислить абсолютно все области, где могут применяться осушители Munters, поскольку с каждым днём выявляются всё новые и новые перспективы их использования, доказывающие неоспоримые преимущества.

Примеры областей применения:

- Ледовые арены
- Пищевая, химическая и фармацевтическая промышленность
- Пивоваренное производство
- Склады
- Музеи, архивы
- Охлаждающие тоннели
- Морозильные и холодильные камеры
- Скороморозильные аппараты
- Хранение в силосах
- Пневмотранспорт
- Пивоваренное производство
- Многослойное стекло (триплекс)
- Окраска поверхностей
- Судостроение и морские перевозки
- Станции водоочистки
- Пластмассовое литье
- Электроэнергетика

Пищевая отрасль – важная область применения сорбционной технологии осушки воздуха. Осушители Munters используются, например, при хранении в силосах и пневмотранспортировке гигроскопичных материалов; при охлаждении, заморозке и сушке продукции; для защиты от влаги при упаковке и хранении на складах.

Принцип подбора

Подбор осушителя практически не представляет трудностей. Используя график зависимости производительности осушения от параметров воздуха, можно подобрать один или несколько осушителей, производительность которых в сумме будет соответствовать требуемой нагрузке. Тем не менее, достаточно сложным является расчёт действительной требуемой производительности осушения, так как некоторые факторы, влияющие на неё, очень трудно учесть при расчёте. Одним из трудноучитываемых факторов может быть инфильтрация воздуха через щели и небольшие отверстия, которая зависит от воздухопроницаемости помещения и его расположения. В некоторых случаях побочным фактором является испарение влаги из каких-нибудь материалов. Поэтому может возникнуть необходимость учёта интенсивности предполагаемого испарения, которое будет иметь место при заданных температуре и влажности. Основными параметрами, учитываемыми при расчёте необходимой производительности осушения, являются следующие:

- Температура и влажность приточного воздуха
- Кратность воздухообмена
- Объём помещения
- Требуемые параметры воздушной среды в помещении
- Влажность хранящихся в помещении материалов или влажность конструктивных элементов здания
- Продолжительность процесса осушения

Для лучшего понимания, откуда берётся влага и каким образом её можно удалять, немаловажно знать тонкости производственного процесса в области применения, где нужно осушение воздуха. В данном руководстве мы попытаемся рассказать Вам более подробно о том «Где применять?», «Как происходит производственный процесс на предприятии?», «Откуда берётся влага в производственном процессе?», «Какие нормы необходимо выдерживать?», «Какое может быть техническое решение?». А также некоторые примеры расчёта действительной требуемой производительности осушения.

Номограмма состояния влажного воздуха (номограмма Молье)

При подборе осушителей иногда возникает необходимость использования такой номограммы. По ней можно определить некоторые специальные физические величины, характеризующие состояние влажного воздуха, например такие как его теплосодержание (энтальпию) – h , влагосодержание – x и др. в зависимости от температуры и относительной влажности.

Основные показатели номограммы состояния влажного воздуха:

Относительная влажность «RH» изображена на номограмме в виде кривых. Количественно определяется как процентное соотношение парциального давления водяных паров, содержащихся в воздухе, к парциальному давлению водяных паров насыщенных паров.

Температура воздуха в $^{\circ}\text{C}$ – указывается на вертикальной оси слева.

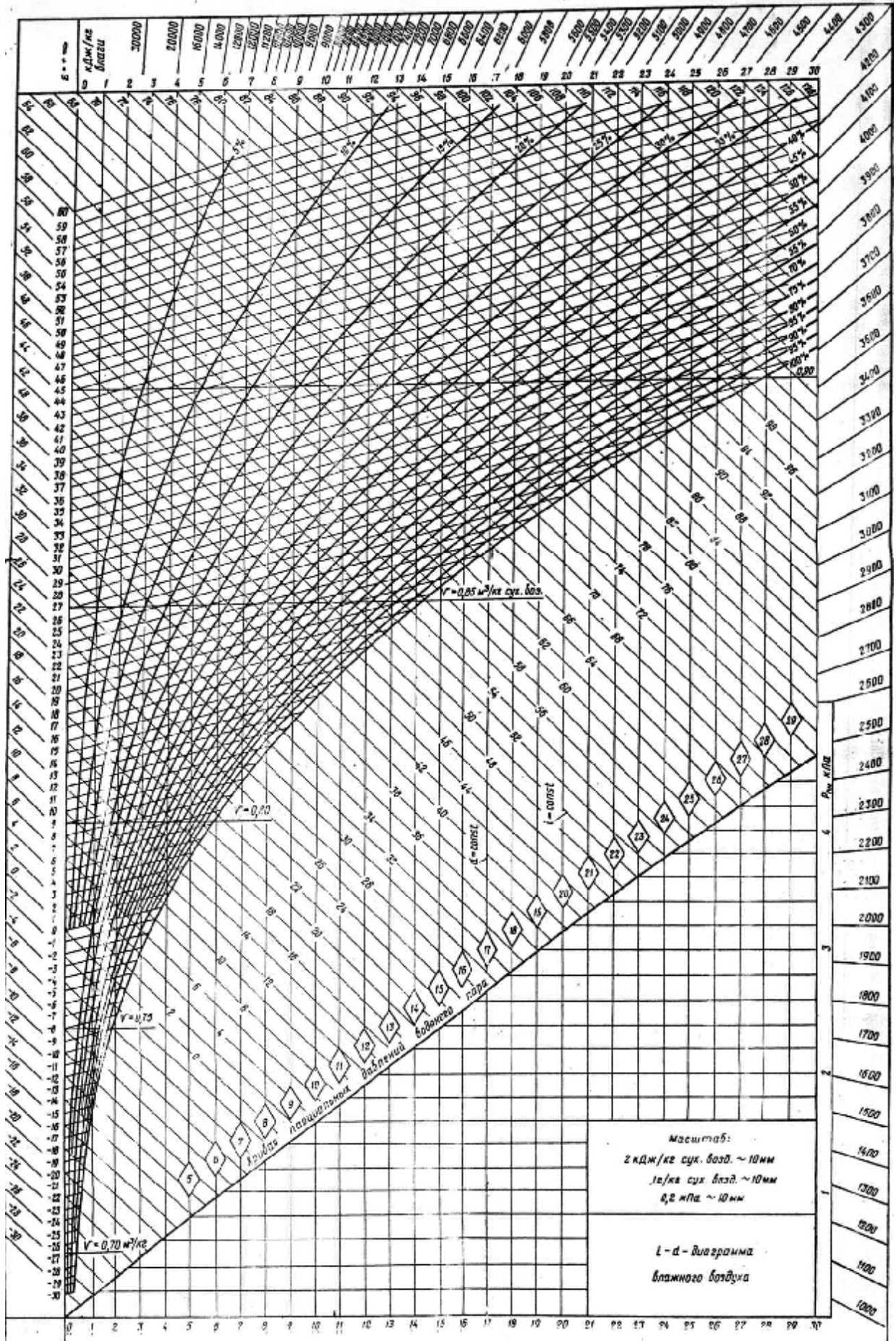
Плотность воздуха (удельный вес) в $\text{кг}/\text{м}^3$ – указывается на вертикальной оси левее температуры воздуха.

Теплосодержание (энтальпия) «h» в $\text{кДж}/\text{кг}$ сухого газа – изображена на номограмме в виде диагональных линий, расположенных под кривой относительной влажности $\Phi = 100\%$. (h – обозначение энтальпии по международной системе СИ)

Влагосодержание «x» в $\text{г}/\text{кг}$ – количество в граммах влаги в смеси, приходящей на 1 кг сухого газа (воздуха).

Парциальное давление водяных паров в воздухе (мбар) – указывается на номограмме на вертикальной оси справа снизу. Для вычисления парциального давления нужно найти на номограмме точку пересечения линий относительной влажности и температуры при данных условиях, от неё провести вертикальную прямую до пересечения с диагональной линией номограммы и от полученной точки провести вправо горизонтальную прямую до шкалы парциального давления.

Номограма состояния влажного воздуха



Расчёт влагопритоков в помещение.

Существуют два метода расчёта влагопритоков – упрощенный (правило «большого» пальца) и инженерный метод. Последний метод даёт более точный расчёт влагоизбытков. В определённых условиях, когда возможны некоторые допуски при расчёте требуемой нагрузки осушения, или для её приблизительной оценки используется эмпирическая формула, которая называется «**правило большого пальца**». Рассмотрим её для конкретных областей использования осушителей.

Обозначения:

Q – требуемая нагрузка осушения (кг/час или г/час)

V – объем помещения (м²)

Осушение воздуха

$$Q = (V * 1,5) / 1000 \text{ (кг/час)}$$

Условия:

Кратность = 0,5

Интенсивность осушения = 2,5 г/м³*час

Температура воздуха = 20⁰С

Сухое хранение

$$Q = (V * 1,2) / 1000 \text{ (кг/час)}$$

Условия:

Кратность = 0,3

Интенсивность осушения = 2,5 г/м³*час

Температура воздуха = 20⁰С

Просушка

$$Q = (V * 2,0) / 1000 \text{ (кг/час)}$$

Условия:

Кратность = 0,3

Интенсивность осушения = 3,3 г/м³*час

Температура воздуха = 20⁰С

Время просушки: 6-10 дней

К таким расчётам можно прибегать, в тех случаях, если осушаемое помещение небольшое или оно не есть частью ответственного технологического процесса.

Расчёт влагопритоков «инженерным методом»

Для более точного расчёта, необходимо использовать данный метод. Он учитывает три основных фактора поступления влаги в помещение. Расчёт должен производиться квалифицированными людьми, понимающими суть всего процесса. Ниже приведены три основных фактора влагопоступления:

1. Инфильтрация
2. Влаговыделения от людей
3. Вентиляция

- 3) Инфильтрация воздуха – это количество воздуха поступающего в помещение через неплотности, щели здания. Она прямо пропорциональна разнице внутренней и внешней влажности, а также объёму помещения. Ниже приведена формула, по которой можно узнать влагопоступления в помещение с инфильтрационным воздухом:

$$W_{\text{инфильтрация}} = (H_{\text{внеш}} - H_{\text{внутр}}) \cdot \rho \cdot \frac{V}{1000} \cdot K$$

$H_{\text{внеш}}$, г/кг – абсолютная влажность наружного воздуха

$H_{\text{внутр}}$, г/кг – абсолютная влажность воздуха в помещении

ρ , кг/м³ – плотность воздуха (в среднем = 1,2)

V , м³ – объем помещения

K – эмпирический коэффициент инфильтрации, учитывающий объем помещения.

Таблица коэффициентов инфильтрации

табл.1

Объём помещения, м ³	K
до 80	0,5
до 200	0,4
до 400	0,35
до 600	0,3
до 1000	0,27
до 2000	0,23
до 3000	0,21
до 4000	0,21
до 5000	0,18
свыше 10000	0,1

На примере рассчитаем влагопоступления от инфильтрации:

Параметры помещения ДхШхВ: 20х10х10 метров, Параметры воздуха на улице: 35°С, 40%. Требуемые параметры в помещении: 20°С, 50%. В первую очередь нужно определить абсолютную влажность наружного и внутреннего воздуха. Для 35°С, 40% - 14,4 г/кг; 20°С, 50% - 7,4 г/кг

Коэффициент Р: Поправочный коэффициент между значениями абсолютной влажности внешнего и внутреннего воздуха. Чем больше разница – тем больше коэффициент. Суть такова, что чем большей разница этих значений, тем больше разница давлений воздушных масс – и как результат более интенсивное прохождение влаги через стены.

$$P = \frac{(H_{\text{внеш}} - H_{\text{внутр}})}{11,5}$$

$$W_{\text{инфильтрация}} = (14,4 - 7,4) * 1,2 * 2000/1000 * 0,23 * 0,61 = 2,36 \text{ л/час}$$

Вывод: 2,36 литра влаги поступает за один час в помещение через щели и неплотности конструкции.

- 2) Влаговыделения от людей – представляют собой сравнительно небольшие влагопритоки.

$$W_{\text{люди}} = N \cdot H \cdot 0,065$$

N – количество людей

H – коэффициент степени активности людей

Таблица коэффициентов активности

табл.2

Лёгкая работа, офисная работа	2,0
Работа средней тяжести	2,5
Тяжёлые нагрузки	3,0

Ниже приведена ещё одна таблица, основанная на другой методике. При расчётах также рекомендуется использовать.

Приведены средние данные для взрослых мужчин

Считается, что женщины выделяют 85%, а дети – 75% теплоты и влаги, выделяемых мужчинами

Выделение влаги от людей					
Характер работы	Выделение влаги кг/час при температуре воздуха				
	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C
Состояние покоя	0,04	0,04	0,06	0,09	0,15
Легкая физическая	0,08	0,13	0,18	0,23	0,30
Средней тяжести	0,13	0,18	0,24	0,30	0,35
Тяжелая	0,24	0,31	0,37	0,40	0,43

Приведены средние данные для взрослых мужчин

Считается, что женщины выделяют 85%, а дети – 75% теплоты и влаги, выделяемых мужчинами.

3) Вентиляция – самый важный фактор, который нужно учитывать при расчёте. Так как вентиляция является основным источником поступления влажного воздуха в помещение (разумеется если она присутствует). Ниже приведена формула для расчёта:

$$W_{\text{вентиляция}} (\text{л/час}) = (H_{\text{внеш}} - H_{\text{внутр}}) \cdot \rho \cdot \frac{V}{1000}$$

$H_{\text{внеш}}$, г/кг – абсолютная влажность на выходе из приточки

$H_{\text{внутр}}$, г/кг – абсолютная влажность воздуха в помещении

ρ , кг/м³ – плотность воздуха (в среднем = 1,2)

V , м³ – расход приточной установки

На примере рассчитаем влагопоступления от приточной установки:

Расход приточки: 5000 м³/час, параметры воздуха на выходе из приточки: 35°C, 40%. Требуемые параметры в помещении: 20°C, 50%. В первую очередь нужно определить абсолютную влажность наружного и внутреннего воздуха. Для 35°C, 40% - 14,4 г/кг; 20°C, 50% - 7,4 г/кг.

$$W_{\text{вентиляция}} = (14,4 - 7,4) \cdot 1,2 \cdot 5000/1000 = 42 \text{ л/час}$$

Помимо влагопритоков от механической вентиляции, существуют также влагопритоки, которые возникают в случае открытия окон, дверей, ворот. Их рассчитывают отдельно и добавляют потом в общую формулу.

$$W_{\text{двери}} = S \cdot 3 \cdot T \cdot N$$

S , м² – площадь дверного проёма;

T , сек – время, когда дверные проёмы остаются открытыми

N – количество открываний в час

На примере рассмотрим:

Дверной проём 5 м², открывается 2 раза/час, приблизительно на 6 секунд.

$W_{\text{двери}} = 5 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 2 = 180 \text{ м}^3/\text{час}$ – это значит, что если в помещении которое, находится за дверью более влажный воздух – то в результате её открытия в осушаемое помещение поступает 180 м³/ч более влажного воздуха

Сухое хранение

Сухое хранение можно рассматривать как один из вариантов осушения воздуха в помещении с той лишь разницей, что уровень влажности, который нужно поддерживать в помещении очень низкий.

При сухом хранении преимуществом является отсутствие необходимости в подавляющем большинстве случаев использования дорогостоящего дополнительного нагрева воздуха. Поэтому сухое хранение является экономичным и эффективным способом хранения как полуфабрикатов, так и конечной продукции, обеспечивая надёжную их защиту от коррозии и плесневения. На нижеприведенном графике в качестве примера показана зависимость скорости коррозии железа от относительной влажности воздуха.

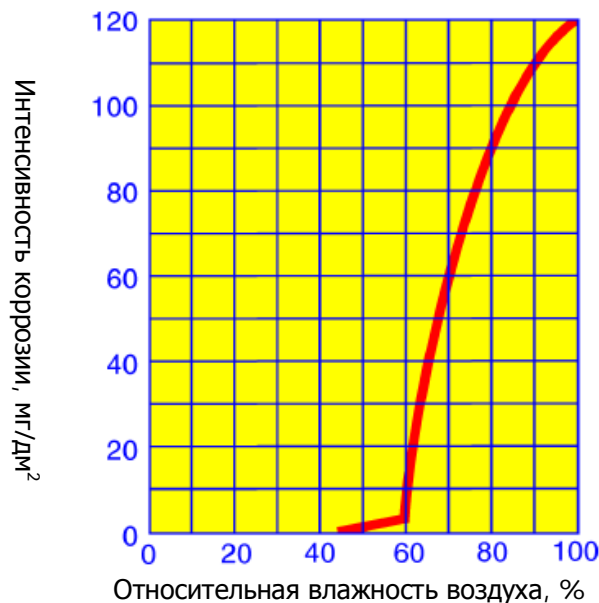


рис.2

Как видно, при относительной влажности менее 60% скорость коррозии очень незначительна и практически равна нулю при относительной влажности менее 45%. Таким образом, при сухом хранении устраняется необходимость защитной смазки хранимых товаров, покрытия их защитными полимерными плёнками, а следовательно, и удаления этих защитных материалов впоследствии, т.е. достигается двойная экономия.

Сухое хранения является идеальным решением для широкого ряда продукции:

- необработанное железо и сталь
- монтажные приспособления и измерительные инструменты
- продовольственные товары (сахар, соль, кофе, мука и т.д.)
- древесина, бумага
- боеприпасы
- военное оборудование (авиационные приборы, радары и др. электронное оборудование)
- консервированные продукты и т.д.

То есть сухое хранение используется для всей продукции, которое имеет маркировку «Хранить в сухом прохладном месте».

Расчёт требуемой производительности осушителя для «сухого» хранения

При длительном хранении продукции, мы должны учитывать такие факторы: как влаговыделения от хранимого продукта (некоторые материалы высвобождают содержащуюся в них влагу только по прошествии некоторого времени – в частности относится к компактно уложенным товарам), поступления влаги через инфильтрацию, ну и конечно вентиляцию (если она присутствует).

Приведём пример:

Влаговыведения от продукта за весь срок хранения: 500 л

Срок хранения: 1 неделя

Объём помещения: 5000 м³

Механическая вентиляция: 2000 м³/час

Требуемые параметры хранения: 20°C 40% RH

Рассчитываем сколько влаги отдаёт продукт: 1 неделя = 168 часов. $W_{\text{продукта}} = 500/168 = 3$ л/час

Далее рассчитываем, сколько влаги поступит за счёт инфильтрации (летний период). Летом, абсолютная влажность воздуха составляет 11,6 г/кг. Смотрим раздел **Расчёт влагопритоков «инженерным методом»**. Абсолютная влажность воздуха 20°C 40% RH - 5,77 г/кг.

$W_{\text{инф}} = 5000/1000 * 1,2 * 0,18 (11,6 - 5,77) = 6,3$ л/час

Теперь осталось только рассчитать влагопоступления от вентиляции и просуммировать полученные значения. $W_{\text{вент}} = 2000/1000 * 1,2 * (11,6 - 5,77) = 14$ л/час.

$W_{\text{общ}} = W_{\text{продукта}} + W_{\text{инф}} + W_{\text{вент}} = 3 + 6,3 + 14 = 23,3$ л/час.

Выбираем необходимую модель осушителя.

Просушка

Общая информация

Просушка является важной областью применения осушителей, в частности, просушка новых зданий, ликвидация последствий аварийных проливов, сушка белья в прачечных. Просушка представляет собой ограниченный по времени процесс, в течении которого влага испаряется из сырых материалов, способствуя тем самым повышению влажности в помещении. В то же время осушитель обеспечивает удаление излишних паров влаги из воздуха, вследствие чего достигается равновесие между испарением влаги из материалов и удалением её из воздуха и, как результат, постепенная просушка материала. Время просушки зависит не столько от производительности осушителя, сколько от интенсивности испарения влаги из материалов, в которых она присутствует в виде жидкости (бельё в прачечных, аварийные проливы и т.д.). Для испарения жидкости требуется тепловая энергия и, если её недостаточно, то процесс высвобождения паров влаги в воздух займёт продолжительное время.

Обычно при использовании осушителей нет необходимости в принудительном распределении осушенного воздуха в помещении, что, как правило, требуется при использовании вентиляционных и отопительных установок. Это объясняется тем, что уровень влажности эквивалентен парциальному давлению водяных паров в воздухе, которое стремится к уравниванию, как и любое другое парциальное давление, т.е. пары влаги из влажного воздуха будут естественным образом мигрировать в осушенный воздух.

Тем не менее, нужно учесть, что воздух с низкой температурой и высокой относительной влажностью может иметь такое же парциальное давление водяных паров, как и воздух с высокой температурой и низкой относительной влажностью, а следовательно не будет иметь место равномерное распределение влажности. В таких случаях желательно устанавливать электрокалорифер дополнительного нагрева (например при совмещении с отдельной вентиляционной установкой), что обеспечит ускорение процесса осушения. Хорошим примером такого варианта просушки является затопление в подвале, так как температура в подвале обычно значительно ниже, чем температура в помещении.

Ликвидация последствий аварийных проливов

В случае аварийного пролива всегда требуется принятие незамедлительных мер для скорейшего удаления влаги. В первую очередь необходимо изолировать залитое помещение для того, чтобы создать как можно меньшую кратность воздухообмена снаружи. Тогда единственным источником подлежащей удалению влаги будет являться в помещении.

Для оценки объёма работ по осушению нужно принимать во внимание период времени, в течении которого вода присутствует в помещении. Если пролив произошёл давно, то вода уже

впиталась в конструкции здания, мебель и т.п., поэтому для её испарения из этих материалов потребуется дополнительное время, а, следовательно, для достижения быстрых результатов необходимо использовать осушитель большей мощности. Следует также учесть, откуда произошла протечка – сверху или снизу. При протечке сверху влага впитывается в стены, шторы, мебель, при протечке снизу – только в пол и ковры. В большинстве случаев при просушке предпочтительно осуществлять нагрев воздуха в помещении, что будет способствовать более быстрому испарению влаги из материалов.

Очень трудно однозначно оценить характер и степень повреждений в результате аварийных проливов, а поэтому – выдать конкретные рекомендации по подбору осушителей. Кроме того, необходимость принятия незамедлительного решения в большинстве случаев не оставляет времени для тщательных расчётов. Информация по подбору в разделе **«Расчёт влагопритоков в помещении»**

Просушка зданий

Просушка зданий заключается в удалении избыточного количества влаги из различных материалов, используемых при строительстве. Просушку производят перед сдачей здания в эксплуатацию во избежание возможных последствий вредного воздействия влаги на строительные конструкции, что, в конце концов, может привести к разрушению этих конструкций. При приготовлении бетона и строительного раствора для осуществления процесса затвердевания используется большое количество воды. А готовые строительные элементы, такие как облицовочная плитка, блоки из пористого и шлакобетона сами по себе содержат много влаги. Обычно процесс просушки происходит следующим образом: Осушитель работает непрерывно и уменьшает относительную влажность воздуха в то время, как температурный баланс воздуха поддерживается за счёт дополнительного нагрева и тепловых потерь здания. После снижения относительной влажности воздуха в помещении происходит испарение влаги из строительных конструкций, а интенсивность испарения зависит от температуры в помещении, характера материалов и влажности воздуха. Но в любом случае действительное равновесие достигается при сравнительно устойчивой влажности и температуре. Дополнительное принудительное ускорение процесса сушки довольно рискованно, поскольку может привести к кавитационному поверхностному эффекту, что означает просушку только той незначительной поверхностной части конструкции, которая находится внутри помещения, в то время как в основной её части сохраняется большое количество влаги. Кавитационный эффект при поверхностной просушке может вызвать образование трещин, а также увеличить период осушения, так как испарение влаги, верхний слой которого уже полностью сухой, довольно затруднительно. Так как условия при просушке зданий могут сильно различаться для конкретного случая, то для подбора осушителя обратитесь к разделу **«Расчёт влагопритоков в помещении»**.

Выбор осушителя

Всегда завершающей стадией после расчёта всех влагопритоков, которые могут иметь место в помещении и их суммировании, является корректный подбор осушителя. Всегда стоит понимать, что в каталогах разных производителей, приводится производительность по влагоудалению при определённых параметрах воздуха. Это очень важно. Например, в одном каталоге есть данные по осушителю А – Производительность: 20 л/час при 20⁰ С и 80% RH, а в другом каталоге данные по осушителю В – Производительность: 18 л/час при 10⁰ С и 80% RH. Это не означает, что осушитель В – менее мощный чем осушитель А. Как это можно проверить? Всегда существуют графики производительности осушения для каждой модели отдельно. Ниже приведен график производительности осушителя А:

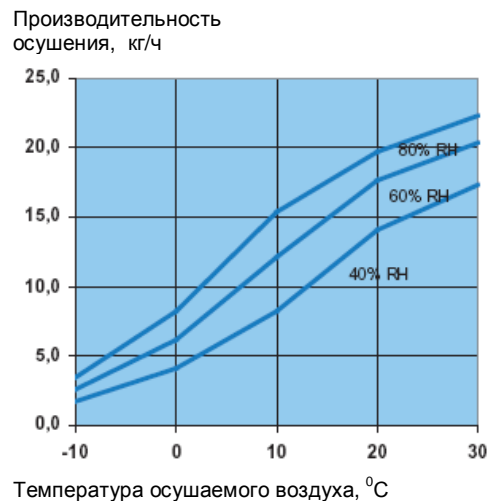


рис.3

Теперь не обходимо сравнить, а сколько же он удалит влаги при 10⁰ С и 80% RH – 15 л/час. А осушитель В – даёт при этих параметрах – 18 л/час, следовательно он мощнее. Как вывод – всегда необходимо сравнивать производительность оборудования различных производителей при одинаковых параметрах воздуха, и не делать поспешных выводов.

Области применения

Ледовые катки



Методика расчёта

В современной мировой практике почти все строящиеся, реконструируемые и вновь проектируемые крытые ледовые стадионы оснащаются такого рода осушителями.

Осушение воздуха преследует следующие основные цели:

- улучшение качества льда за счет предупреждения конденсации влаги на его поверхности;
- предотвращение образования тумана над ледовой площадкой;
- предотвращение конденсации влаги на прозрачных ограждениях хоккейной площадки;
- сокращение энергетической нагрузки на холодильные машины за счет предотвращения утолщения слоя льда в результате конденсации влаги на его поверхности;
- снижение ощутимых запахов;
- предотвращение повреждений интерьера и коррозии металла за счет конденсации влаги на ограждающих конструкциях, подверженных радиационному выхолаживанию;
- предотвращение капеза конденсируемой влаги с внутренней поверхности кровли в целях сохранения идеально гладкой поверхности льда (в особенности, на дорожках для керлинга).

В отсутствие полноценных возможностей компьютерного моделирования упрощенный расчет осуществляется путем составления влажностного баланса по следующей схеме:

1. Основным источником влаги в летний период (при круглогодичной эксплуатации крытых ледовых стадионов) является свежий воздух, подаваемый системами вентиляции. В зависимости от географического местоположения объекта влагосодержание атмосферного воздуха колеблется в значительных пределах. Используя климатические данные по параметрам «А» и «Б», приведенные в СНиП 2.04.05–91* «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», производится расчет избыточного влагосодержания приточного воздуха в теплый период года по отношению к точке росы, значение которой принимается равным температуре поверхности льда. В отечественной практике проектирования расчетная температура поверхности льда составляет -8°C . В соответствии с рекомендациями ASHRAE расчетная температура поверхности льда дифференцирована в зависимости от вида проводимых спортивных мероприятий следующим образом:

- хоккей — $-6...-5^{\circ}\text{C}$ при температуре воздуха в зоне ледяной арены порядка $6-10^{\circ}\text{C}$;
- фигурное катание, керлинг — $-4...-3^{\circ}\text{C}$ при температуре воздуха в зоне ледяной арены порядка $10-13^{\circ}\text{C}$;

- катание на коньках (коммерческое использование) — $-3...-2^{\circ}\text{C}$ при температуре воздуха в зоне ледяной арены порядка $15-18^{\circ}\text{C}$.

Вышеуказанные расчетные значения определяют количество влаги в граммах, которое необходимо удалить из каждого килограмма воздуха, поступающего внутрь крытого стадиона. В общем случае расчет сводится к следующему:

А) По данным СНиП 2.04.05–91* для конкретного города определяется температура (t , $^{\circ}\text{C}$) и удельная энтальпия h , кДж/кг) воздуха в теплый период года. Далее вычисляется его влагосодержание (X_{out} , г/кг) с использованием следующей формулы:

$$X_{out} = \frac{(h - t \cdot C_{pa}) \cdot 10^3}{(h_g + t \cdot C_{pv})}$$

где: C_{pa} — удельная теплоемкость сухого воздуха при постоянном давлении при 0°C (кДж/(кг $\cdot^{\circ}\text{C}$)),
 C_{pv} — удельная теплоемкость паров воды при постоянном давлении при 0°C (1,805 кДж/(кг $\cdot^{\circ}\text{C}$)),
 h_g — удельная энтальпия насыщенных водяных паров при 0°C (2501 кДж/кг).

Б) В зависимости от целевого назначения крытого ледового стадиона (культивируемые виды спорта) выбирается расчетное значение температуры поверхности льда, рассматриваемое как точка росы (tdp , $^{\circ}\text{C}$). Соответствующее влагосодержание воздуха (X_{in} , г/кг) непосредственно над поверхностью льда рассчитывается с использованием следующей последовательности формул:

$$X_{in} = \frac{(M_v - M_A) \cdot 10^3}{\frac{P}{P - P_s}}$$

где: M_v — молекулярная масса воды (0,01802 кг/моль),
 M_A — молекулярная масса воздуха (0,02896 кг/моль),
 P — атмосферное давление (101330 Па на уровне моря),
 P_s — парциальное давление насыщенных паров воды при температуре tdp , Па.
 Последний из указанных параметров вычисляется по эмпирической формуле, справедливой в температурном диапазоне от -100 до 0°C .

$$P_s = \exp\left[\frac{g}{T} + h + k \cdot T + l \cdot T_2 + m \cdot T_3 + n \cdot T_4 + q \cdot \ln(T)\right]$$

где:

$$g = -5,6745359 \times 10^3,$$

$$h = 6,3925247,$$

$$k = -9,677843 \times 10^{-3},$$

$$l = 6,22115701 \times 10^{-7},$$

$$m = 2,0747825 \times 10^{-9},$$

$$n = -9,484024 \times 10^{-13},$$

$$q = 4,1635019,$$

$$T = tdp + 273,15, \text{ К.}$$

Комбинируя последние два выражения, имеем следующую формулу для практических расчетов:

$$X_{in} = \frac{622}{\left[P \cdot \exp\left(-\frac{g}{T} - h - k \cdot T - l \cdot T_2 + m \cdot T_3 + n \cdot T_4 - q \cdot \ln(T)\right) - 1 \right]}$$

В) Количество избыточной влаги (X , г/кг), поступающей внутрь крытого стадиона, определяется по формуле:

$$X = X_{out} - X_{in}$$

Потребный влагосъем по рассматриваемой компоненте влажностного баланса ($D_{св. \text{возд.}}$, кг/ч) составит:

$$D_{св. \text{возд.}} = X \cdot \rho \cdot L \cdot 10^{-3}$$

где: ρ — плотность воздуха (1,2 кг/м³), L — расход свежего воздуха, м³/ч.

В отечественной практике расход свежего воздуха определяется в количестве не менее 80 м³/ч на одного занимающегося спортсмена и не менее 20 м³/ч на одного зрителя. Согласно стандарту ASHRAE 62-1989 количество свежего воздуха в расчете на одного человека должно составлять 25,5 м³/ч. Вместе с тем количество свежего воздуха должно составлять не менее 9 м³/ч на м² ледовой поверхности. Последний параметр, как правило, является определяющим при числе зрителей менее 500 человек. Если зрителей больше чем 500 человек, например 600 чел, то количество свежего воздуха подаваемого на каток, должно быть не менее 48 000 м³/час.

2. Технология восстановления поверхности льда предусматривает использование горячей воды, имеющей температуру от 60°C до 70°C. Количество воды ($W_{\text{восст.льда}}$, кг), расходуемое при каждом очередном восстановлении поверхности льда, представлено в нижеприведенной таблице.

табл.4

. Количество воды, расходуемое при восстановлении поверхности льда, кг				
Температура воды		60°C		
Относительная влажность на трибунах/надо льдом	60/70 %	60/40 %	55/70 %	55/40 %
Хоккей	3	11	6	14
Керлинг (4 дорожки)	1,5	5,5	3	7
Керлинг (8 дорожек)	3	11	6	14
Скоростной бег на коньках	9	33	18	42
Температура воды		70°C		
Относительная влажность на трибунах/надо льдом	60/70 %	60/40 %	55/70 %	55/40 %
Хоккей	16	26	20	30
Керлинг (4 дорожки)	8	13	10	15
Керлинг (8 дорожек)	16	26	20	30
Скоростной бег на коньках	48	78	60	90

Потребный влагосъем по рассматриваемой компоненте влажностного баланса ($D_{\text{восст.льда}}$, кг/ч) составит:

$$D_{\text{восст.льда}} = W_{\text{восст.льда}} \cdot \frac{n}{T_{\text{день}}}$$

где: T_{day} — количество часов, в течение которых ледовый стадион эксплуатируется на протяжении суток, час/сутки,

n — количество циклов восстановления поверхности льда на протяжении времени $T_{\text{день}}$. Как правило, восстановление льда происходит от 4 до 8 раз в сутки. Таким образом, при $T_{\text{день}} = 24$ ч. $D_{\text{восст.льда}}$ может достигать 30 кг/ч.

3. Метаболические выделения влаги обусловлены присутствием людей на стадионе. Удельные метаболические выделения указаны в разделе «**Расчёт влагопритоков в помещении**».

Потребный влагосъем по рассматриваемой компоненте влажностного баланса ($D_{\text{люди}}$, кг/ч) составит:

$$D_{\text{люди}} = \sum_{i=1}^2 W_{\text{люди}}^i \cdot p_i \cdot 10^{-3}$$

где: p_i — вместимость ледового стадиона по категориям посетителей ($i = 1, 2$), 1 – спортсмены, 2 – зрители.

Итоговый влажностный баланс (D , кг/ч) определяет потребный влагосъем внутри ледового стадиона:

$$D = D_{\text{св.возд.}} + D_{\text{восст.льда}} + D_{\text{люди}}$$

Конечно, перед любым расчётом будет возникать вопрос, а какие параметры нам стоит поддерживать в помещении? Чёткого ответа на этот вопрос нету, так как изначально нужно знать для какого применения проектируется каток (хоккей, фигурное катание, коммерческое и т.д.) и понимать от каких проблем мы хотим избавиться. Суть такова – Чем больше мы проблем устраняем, тем мощнее и дороже необходимо устанавливать оборудование. Иногда бюджет заказчика просто не позволяет сделать этого, поэтому иногда можно рассчитывать «экономвариант», например, самое популярное на данный момент в Украине «коммерческое катание», при расчёте нужно понимать, что очень жёстких условий для расчёта не ставится. Ниже приведены типичные проблемы ледовых полей.

Осушение воздуха на крытых катках



рис.4

Здесь приведены оптимальные параметры воздуха, которые следует поддерживать, во избежание ниже описанных проблем.

табл.5

Температура воздуха	Зона	Проблема	Максимальное влагосодержание воздуха
-4°C до -1°C	У поверхности льда	Намерзание льда	2,7 до 3,5 г/кг
6°C до 8°C	1 м над льдом	Образование тумана	5,7 до 6,7 г/кг
0°C до 12°C	Зона зрителей	Коррозия	4,6 до 5,2 г/кг
		Образование грибка и бактерий	6 до 7 г/кг
		Конденсация, запотевание	7,6 до 8,7 г/кг
13°C до 15°C	Зона кровли	Коррозия	5,6 до 6,1 г/кг
		Конденсация, образование капель	9,3 до 10,6 г/кг

* «максимальное влагосодержание воздуха» - приведены критические значения, поэтому при расчёте необходимо немного уменьшать это значение.

Пример расчёт крытого ледового катка

Назначение катка: Коммерческое катание

Площадь ледовой поверхности: 800 м²

Количество зрителей: 100 чел

Количество катающихся: 50 чел

Количество часов в течении которых эксплуатируется каток: 12 часов

Количество циклов восстановления: 4

Температура воды для восстановления льда: 60°C

Во-первых, нужно определиться какие параметры необходимо поддерживать на катке. Так как каток коммерческого использования, то наличие таких проблем как намерзание льда можно проигнорировать. Но очень важно учесть, что в конструкции катка, обязательно присутствуют металлические конструкции, а это значит, что уровень относительной влажности необходимо поддерживать ниже 50%. В зависимости от назначения катка, выбирают температуру воздуха и льда. См. предыдущий раздел. В данном случае следует поддерживать температуру воздуха около 18°C – это стандартная температура для катков коммерческого использования, и температуру льда в районе -2°C (мягкий лёд).

Определимся с источниками влаги: вентиляция, испарения воды для восстановления льда, люди (зрители, посетители). Рассчитаем, сколько влаги попадает в помещение от приточной вентиляции:

Расход приточного воздуха выбираем исходя из данных по площади ледового поля (800 м²), так как расчётное количество людей <500. $Q = 800 \cdot 9 = 7200$ м³/час. Летнее влагосодержание воздуха: $X_{in} = 14$ г/кг (это табличное значение), также X_{in} можно посчитать по формуле приведённой в методике, но в силу экономии времени и простоты поиска можно использовать табличные значения абсолютной влажности по регионам. Требуемое влагосодержание находим по диаграмме 18°C 50% - $X_{out} 6,52$ г/кг. Находим влагопритоки:

$$D_{\text{вент}} = 7200/1000 \cdot 1,2 \cdot (14 - 6,52) = 65 \text{ кг/час}$$

Теперь подсчитываем, сколько влаги выделяется при восстановлении льда. Смотрим в таблицу в методике, выбираем строку «скоростной бег на коньках», столбец 55%/70% - так как расчётная относительная влажность должна быть 50%. $W_{\text{восст}} = 18$ кг/час

$$D_{\text{восст}} = 18 \cdot (4/12) = 6 \text{ кг/час}$$

Далее, производится расчёт влаговыделений от людей. Из таблицы 3, выбираем средние значения, для катающихся припл. 250 г/час, для зрителей 40 г/час.

$$D_{\text{люди}} = 100 \cdot 0,04 + 50 \cdot 0,25 = 16,5 \text{ кг/час}$$

Теперь суммируем, и выбираем требуемый осушитель

$$D = 65 + 6 + 16,5 = 87,5 \text{ кг/час.}$$

Вариант осушения выбираем уже исходя из конструктивных особенностей объекта. В основном, есть два варианта – на рециркуляцию, и после приточки. Консультацию и техническое решение, вы можете получить у нас (компания «Евроклима»).

Сушка и хранение древесины

Общие сведения

При росте деревьев в естественных условиях содержание влаги в древесине максимальное, так, например, в свежесрубленной древесине оно составляет свыше 35%. Для использования древесины в промышленности содержание влаги в ней должно быть уменьшено, чтобы предотвратить в дальнейшем возможные усадку, гниение и заплесневение древесины. Параметры сушки материала определяются конечной целью его использования. Сразу выясним, что такое абсолютная влажность древесины - это отношение массы влаги, находящейся в данном объеме древесины, к массе абсолютно сухой древесины, выраженное в процентах.



А относительная влажность древесины - это отношение массы влаги, содержащейся в древесине, к массе древесины во влажном состоянии, выраженное в процентных. Общее количество влаги в древесине складывается из свободной и связанной влаги. Влага, находясь в полостях клеток и межклеточных пространствах, называется свободной, или капиллярной, а в клеточных стенках - связанной или гигроскопичной. Так например, если говорить что древесина имеет 35% влажность, то это значит, что в 100 граммах дерева, содержится 35 грамм воды. Количество воды, находящейся в клетках древесины в связанном состоянии составляет 25-35% и такое влагосодержание соответствует точке насыщения волокон.

Древесина характеризуется тем, что содержание влаги в ней постепенно меняется в соответствии с температурой и влажностью окружающего воздуха. Такое содержание влаги в древесине называется равновесной влажностью – это среднее значение между устойчивыми влажностями древесины при сорбции (поглощении) и десорбции (испарении), соответствующее определенному сочетанию температуры и влажности окружающего воздуха. Равновесную влажность можно определить по диаграмме Л.С. Серговского. На диаграмме по вертикале показана относительная влажность воздуха, по горизонтали его температура. Пересечения этих показателей дает наклонную линию, которая показывает влажность древесины в процентах. Влажность паркета согласно ГОСТ должна составлять $(9 \pm 3\%)$.

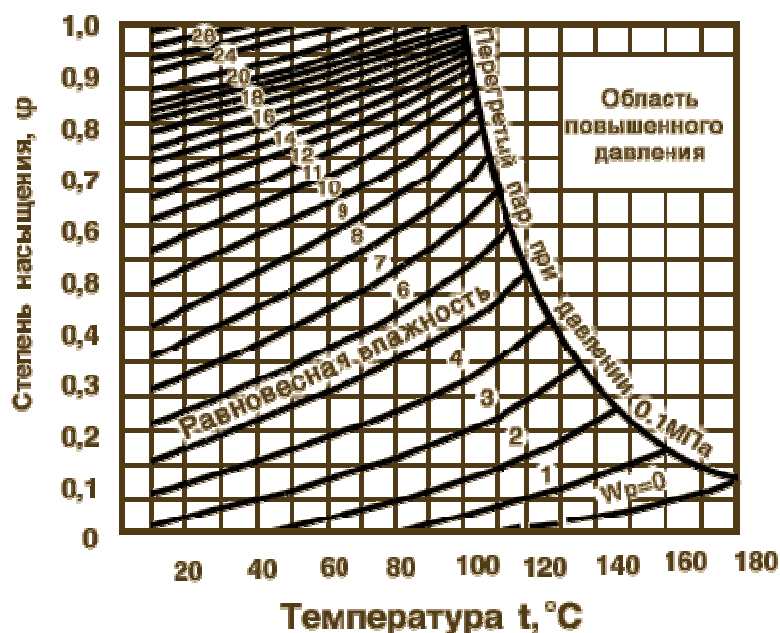


рис.5 Диаграмма равновесной влажности Л.С.Серговского

Также для определения влажности древесины, хранящейся в помещении с той или иной температурой и влажностью воздуха, И.Н.Чулицкий составил диаграмму (рис.6), при помощи которой можно установить влажность с точностью до 0,75%. На этой диаграмме по вертикальной оси отложена влажность воздуха, по горизонтальной оси – температура воздуха; наклонные линии соответствуют влажности древесины.

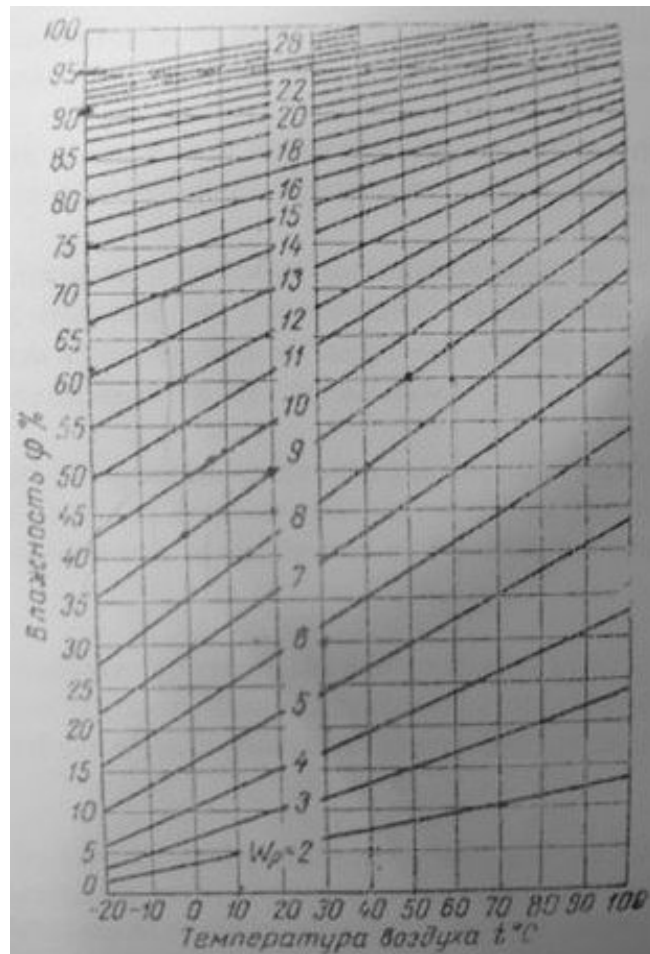


рис.6 Диаграмма равновесной влажности Н.Н.Чулицкого

Вследствие гигроскопичности древесины влажность изделий из дерева изменяется при изменении температуры и влажности окружающего воздуха. Влажная древесина отдаёт влагу окружающему воздуху, сухая – поглощает влагу из воздуха.

Так как влажность воздуха не постоянна, то происходят колебания влажности древесины. Изменения влажности древесины в интервале от 0% до точки насыщения волокон вызывает изменение объёма древесины, что ведёт к усушке, разбуханию, короблению древесины поэтому для сохранения отличного качества продукта, его следует доводить до требуемой влажности. Например летом как правило необходимо сушить воздух в помещении, где находится продукция, а зимой наоборот.

Рекомендуемая конечная влажность для древесины различного назначения:

табл.6

Древесина для изготовления электроприборов	5 ~ 8%
Древесина для изготовления музыкальных инструментов	5 ~ 8%
Фанера, ДСП	6 ~ 8%
Паркет	6 ~ 8%
Древесина используемая в поездах	6 ~ 8%
Древесина используемая в самолетах	6 ~ 10%
Древесина для изготовления мебели	6 ~ 10%
Древесина для изготовления игрушек	6 ~ 10%
Внутренние двери и окна	8 ~ 10%
Наружные двери и окна	12 ~ 15%
Древесина для изготовления садовых инструментов	12 ~ 16%
Древесина для изготовления морского транспорта	12 ~ 16%
Древесина для сельхозтехники	12 ~ 18%
Древесина для стройматериалов	12 ~ 18%
Древесина для служебных помещений	16 ~ 20%
Древесина для изготовления оружия	7 ~ 12%
Древесина для изготовления спортивных тренажеров	8 ~ 12%

Способы сушки дерева
Естественная сушка

Принцип всех типов сушки древесины основан на том, что параметры окружающего воздуха такие, что равновесная влажность ниже влажности древесины, поэтому влага в виде водяных паров абсорбируется из древесины воздухом. Древесину следует просушивать до такой степени, пока содержание влаги в ней не будет соответствовать равновесной влажности при микроклимате того места, где дерево в конечном итоге будет использоваться.

Поскольку древесина применяется практически везде, то в зависимости от области её применения содержание влаги в древесине может колебаться от 5% до 20%. Древесину, предназначенную для изготовления из неё мебели, в принципе можно высушивать естественным путём и достичь снижения влажности древесины до 8% при параметрах воздушной среды 20°C 40%. Однако, этот процесс займёт слишком много времени. Также это процесс напрямую зависит от погодных (сезонных) условий. Во избежание таких зависимостей, и ускорения процесса сушки применяется искусственная сушка.

Искусственная сушка

Наиболее распространённым способом является сушка древесины в сушильных установках, состоящих из сушильного шкафа и вентиляционных устройств. Обычно принцип искусственного осушения заключается в регулировании температуры и влажности воздуха. Влажность регулируется посредством вытяжки влажного воздуха и притока наружного воздуха, подогреваемого для того относительную влажность. С точки зрения энергопотребления этот метод осушки очень дорогостоящий, поэтому сорбционное осушение является более экономичным решением для сушки древесины.

Используя осушитель, процесс сушки следует производить в закрытой и хорошо изолированной камере при определённой температуре. Для сорбционного осушения лучше сушить древесину в таком температурном диапазоне 15-18°C. Перед искусственной сушкой древесину обычно высушивают естественным путём до влагосодержания в ней не выше 20%. При искусственной сушке свежесрубленной древесины, содержание влаги в которой намного выше, процесс сильно осложняется, поскольку происходит быстрое удаление влаги из поверхностных слоёв дерева, в то время как середина ещё остаётся очень сырой, что может привести к растрескиванию древесины.

Подбор

Для определения необходимой производительности осушения для сушки древесины нужно в первую очередь рассчитать количество влаги, подлежащей удалению. Обычно в сушильных камерах обрабатывается древесина уже просушенная естественным образом на воздухе, т.е. имеющая влагосодержание 15-20%. Так как величина влагосодержания древесины является процентным соотношением веса влаги к весу сухой древесины, то, следовательно, необходимо знать плотность (удельный вес) древесины.

Плотность некоторых пород сухой древесины:

Бук	680 кг/м ³
Дуб	650 кг/м ³
Осина	650 кг/м ³
Береза	610 кг/м ³
Лиственница	550 кг/м ³
Сосна	490 кг/м ³
Ель	430 кг/м ³

Исходные данные:

Объём древесины: 10 м³

Порода дерева: сосна

Начальное влагосодержание: 17%

Конечное влагосодержание: 8%

Срок сушки: 10 дней

Объём помещения: 1000 м³

Вентиляция: отсутствует

Сначала рассчитаем, сколько влаги нужно удалить непосредственно из волокон древесины. Находим плотность сосны из таблицы - 490 кг/м³

$$W_{\text{дерево}} = 10 * 490 * (0,17 - 0,08) = 441 \text{ кг}$$

Потом это значение делим на количество суток сушки (хоть в реальности интенсивность испарения влаги из древесины будет происходить не равномерно):

$$441/10 = 44,1 \text{ кг/сутки} = 1,84 \text{ кг/час}$$

Теперь ищем по диаграммам Чулицкого и Серговского равновесную температуру и относительную влажность, при которой дерево будет сохранять 8% влагосодержание. Это 14⁰C 40% RH.

Также стоит всегда учитывать поступления инфильтрационного воздуха:

$$W_{\text{инф}} = 0,27 * 1000/1000 * 1,2 * (11,6 - 4,03) = 2,45 \text{ кг/час}$$

$$W_{\text{дерево}} + W_{\text{инф}} = 4,29 \text{ кг/час. Осталось только выбрать требуемый осушитель.}$$

В случае если неизвестен объём осушаемого дерева, то необходимо знать массу древесины. Так например если известно, что на сушку загружается 500 кг сосны (остальные условия остаются теми же), то в данном случае формула приобретает вид:

$$W_{\text{дерево}} = 500 * (0,17 - 0,08) = 45 \text{ кг / 10 суток.}$$

Примечание:

Опыт показал, что свежесрубленный бук можно просушить до влагосодержания 8% за 30-35 дней. Из мягких пород древесины 1% влаги обычно удаляется за 24 часа. Максимальной величиной для ежесуточного удаления влаги является 1,7%. При превышении этого значения может произойти растрескивание.

Приведенная в этом разделе информация даёт общие представления и рекомендации по сушке древесины. Для более подробных расчётов необходимо использовать опытные наработки действующих производств.

Осушение не отапливаемых складов



Склад — это не просто помещение для хранения товара, а основа процесса логистики, часть бизнеса большинства торговых и производственных компаний. Построить и оборудовать склад по высшему разряду в состоянии только крупные компании. Но реконструировать старое здание и оснастить его современными инженерными системами и коммуникациями под силу многим. В частности, при хранении товаров немаловажную роль играют климатические параметры воздуха в складском помещении. Лишь малая часть материалов может длительно противостоять воздействию атмосферной влаги. Большинство подвергаются медленному разрушению: металл корродирует, сыпучие материалы слеживаются, древесина и ткани покрываются плесенью и гниют, картонные коробки намокают и деформируются. Для многих материалов критичной является влажность порядка 50-55%, для гигроскопичных — предел ниже. Зимой требуемый уровень влажности можно реализовать средствами общеобменной вентиляции с предварительным подогревом свежего воздуха. Летом, когда температура повышается до 25-30°C, а влажность — до 70%, поступающий наружный воздух может стать источником влаги и усугубить условия хранения. Тогда единственный разумный путь — осушить воздух. Использование осушителей вместо вентиляции — более экономичный способ и в зимний период. Он позволяет снизить энергозатраты на 20-70%, поскольку не требуется постоянный подогрев холодного приточного воздуха.

Рекомендуемая относительная влажность для хранения товаров различного назначения:

табл.8

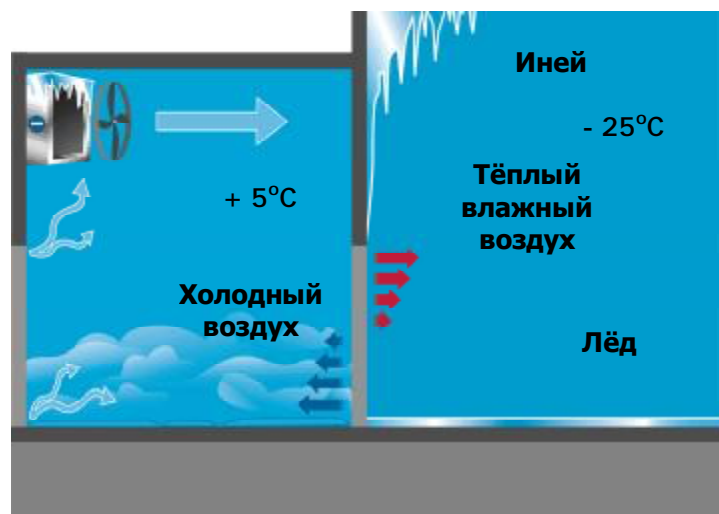
Товар	Отн. влажность воздуха при хранении, %
Пластмассовые поддоны	5-30 %
Трансформаторная обмотка	15-30%
Сахар	20-35%
Порошки (пищевые, фармацевтические)	20-35%
Древесина	25-40%
Лекарства в виде сиропов, капсул	30-45%
Сыпучие стройматериалы, химреактивы	30-45%
Полупроводники	30-50%
Зерно	35-45%
Бумага	35-45%
Взрывчатые вещества	35-50%
Металлы	40-50%
Фотообъективы	40-55%
Архивные материалы, магнитные ленты	40-55%
Кожа	40-55%
Электронная аппаратура, муз. инструменты	45-55%
Табак	50%
Книги	50-55%

Расчёт не отапливаемых складов сводится к расчёту помещений. Привносящими влагу факторами являются: вентиляция (если есть), инфильтрация, люди, влаговыделения от продукта (встречается очень редко)

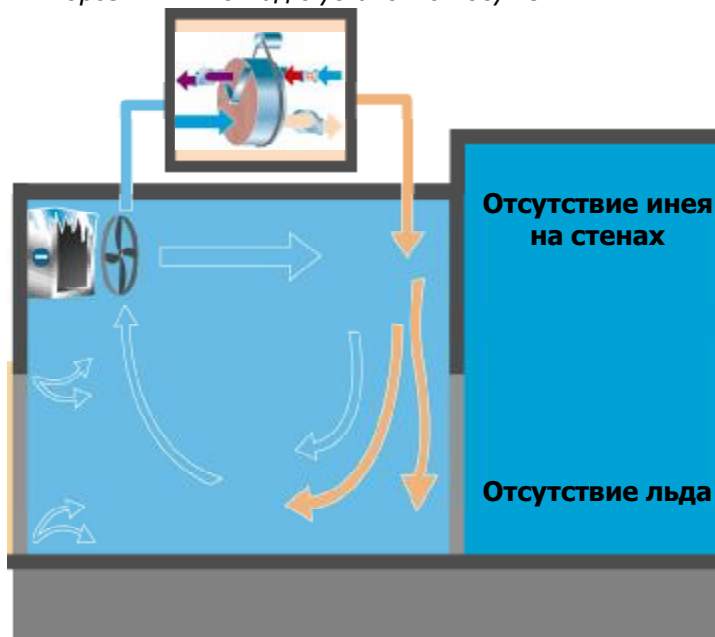
Морозильные склады (камеры)

Наружный воздух попадает внутрь морозильной камеры, главным образом, через двери/ворота. Водяной пар, содержащийся в воздухе, конденсируется на холодных поверхностях, превращаясь в слой инея на испарителе, в лёд и снег на стенах и дверях холодильной камеры. Полностью предотвратить проникновение наружного воздуха в камеру невозможно. Однако можно избавиться от связанных с этим негативных явлений. Простое решение заключается в осушении воздуха. Здесь возможны два варианта: 1) осушение воздуха непосредственно в морозильной камере; 2) осушение воздуха, еще не проникшего в камеру - осушение тамбур-шлюза.

Так выглядит типичный морозильный склад без установки осушения



Так выглядит типичный морозильный склад с установкой осушения



Преимущества осушения в морозильных/холодильных камерах

- Защита от инея на испарителях. Иней снижает эффективность охлаждения, что ухудшает температурный контроль в камере.
- Уменьшение периодичности оттаивания испарителей. Оттаивание является непосредственным источником теплоты в камере, что может вызвать повышение температуры хранимой продукции на 5° С. Из-за неэффективности процесса на оттаивание обычно расходуется в 4-5 раз больше энергии, чем требуется для того, что растопить лед. Энергия, которая не была израсходована на растопление льда, "уходит" в помещение камеры. После оттаивания эта теплота должна быть удалена системой охлаждения. Расход энергии на один цикл оттаивания с помощью ТЭНов для одного испарителя может составлять 7-8 кВт. Колебания температуры воздуха из-за оттаиваний негативно влияют на качество продукции. Кроме того, предотвращение выпадения конденсата на испарителях позволяет повысить эффективность системы охлаждения за счет повышения температуры испарения.
- Санитарно-гигиенический контроль. Отсутствие влаги на испарителях и стенах камеры, наряду с более низкой температурой этих поверхностей, - факторы, препятствующие размножению микробов.
- Создание благоприятных условий для работы персонала и техники - повышение эффективности процессов. Отсутствие тумана, скользких полов. Беспрепятственное открывание дверей. Отсутствие льда на ленточном занавесе.

Основной проблемой обусловленной инфильтрацией влажного воздуха в камеры является образование инея на испарителях. Приходится периодически останавливать камеру для размораживания.

Получаем: Значительное увеличение производственной мощности камеры при относительно небольших капиталовложениях на Системе Контроля и регулирования Влажности (СКРВ), короткие сроки окупаемости, от 2-3 месяцев до одного года. Вместо размораживания каждый третий день имеется возможность эксплуатировать камеру одну или две недели без остановки на размораживание.

Проблема: Если камеры эксплуатируются только в две смены, они часто поддерживаются холодными в течение ночи. Некоторые компании не хотят, чтобы продукты оставались в камере в течение этого перерыва. Существует опасность, что конвейеры окажутся заблокированными льдом при пуске на следующее утро, и потребитель не хочет иметь такие проблемы с камерой, полной продуктов.

Последствия: Камера незагружена в течение времени, которое занимает выемка всех продуктов из морозильного аппарата перед остановкой на ночь. Таким образом, 1,5-2 часа в день - это потерянная производственная мощность и упущенная прибыль.

Получаем: Исключается риск замораживания конвейеров, и продукты могут оставаться в камере. Дополнительная производственная мощность 6-9 часов в неделю. Это равно одной смене в неделю. Анализ некоторых производств в России показывает, что возможно практически 100% увеличение производительности. Это эквивалентно закупке еще одной такой же установки.

Проблема: Когда камера останавливается для размораживания, она также нуждается в санитарной чистке. После чистки аппарат надо высушить и все это время производство стоит - прямые потери.

Последствия: Приходится останавливать производство. После чистки камеру перед запуском надо высушить. Без осушения в камере остается вода, вызывающая немедленное образование инея. Получаем. После установки системы контроля и регулирования влажности (СКРВ) может быть также сокращается цикл размораживания, включающий чистку. Наш опыт показывает, что этот процесс занимает от 4,5 до 6 часов. Сокращение цикла на 1-1,5 часа - увеличение на 20-25% производственной мощности.

Проблема: В конвейерных камерах иногда имеются проблемы с продуктами, прилипающими к ленточному конвейеру, т.е. обмерзание ленты, вызывающее необходимость остановок в середине смены.

Последствия: Досадные неплановые остановки, вызывающие проблемы во всей производственной цепи и потерю продуктов.

Получаем: После установки СКИРВ риск меньше, что обеспечивает непрерывность производства.

Проблема: С наращиванием инея на испарителях в конечном счете повышается температура в камере.

Последствия: Трудно обеспечить высокое постоянное качество продуктов без уменьшения скорости ленточного конвейера.

Получаем: При меньшем обмерзании испарителя легче поддерживать низкую температуру в камере.

Проблема: Снег или иней на продуктах.

Получаем: Нет проблемы, так как отсутствует обмерзание испарителей.

Экономический эффект при осушении воздуха в камерах

Влага, содержащаяся в воздухе, представляет собой почти две трети нагрузки на систему охлаждения. Удаление влаги из воздуха охлаждающей системой при температурах ниже 4 °С крайне неэффективно, и снижает мощность, когда она необходима больше всего. Сорбционный осушитель удаляет влагу из воздуха прежде, чем она аккумулируется в виде льда на поверхности оборудования.

Основное преимущество

Применение метода сухого воздуха в скороморозильных камерах приводит к увеличению производственной мощности и быстрой окупаемости инвестиций в СКИРВ.

Фармацевтическое производство



Наличие даже малого количества водяного пара в атмосфере может оказать воздействие, часто сначала невидимое, на многие материалы, процессы и сооружения.

Средняя относительная влажность воздуха в Украине составляет 70–75 %, она достаточно высока, для того чтобы создать неблагоприятную окружающую среду, вызывающую нестабильность процессов и материалов, вызвать плесень, гниение, коррозию металлов и др.

Фармацевтические компании стремятся производить продукцию рациональным, недорогим и экологически безопасным способом. В то же время неконтролируемые изменения относительной влажности могут привести к проблемам при производстве, транспортировке и хранении сырья и продукции.

Рассмотрим, в каких технологических процессах и разных системах фармацевтического производства проявляется неблагоприятное влияние неконтролируемой влажности.

Высушивание и нанесение покрытия на таблетки

Основные проблемы при высушивании: низкая производительность и потеря активных компонентов (высушивание при высоких температурах).

Основные проблемы при нанесении покрытий: слипание таблеток (уменьшение выхода готовой продукции), неоднородность и пятна на поверхности (качество продукции), небольшая производительность.

При лабораторных испытаниях в компании Glatt Puotech U.K. сравнивалось производство гранулированной продукции в различных условиях. После того, как влажность была уменьшена с помощью сорбционного осушителя до 2,2 г/кг и точки росы – 6°C, время высушивания сократилось на 50%, аналогичные результаты достигались при производстве таблеток и нанесении покрытий.

Такое осушение обеспечивает мягкие и эффективные способы высушивания (десикации) продукции. Вследствие более низкотемпературного высушивания, данный метод позволяет добиться повышения качества, сокращения цикла осушения и снижения эксплуатационных расходов.

Основные преимущества:

- Чувствительная к теплу продукция может быть высушена до установленного уровня содержания влаги без повреждения и ухудшения качества.
- Эксплуатационные качества струйных осушительных устройств и устройств с кипящим слоем повышаются.
- Низкотемпературное высушивание предотвращает потерю летучих веществ, активных компонентов.
- Обеспечивает прогрессивные средства осушения, позволяющие избежать поверхностного упрочнения таблеток и подобной продукции.

- Удастся избежать чрезмерного высушивания и вулканизации.
- Скорость осушения сохраняется постоянной круглый год, обеспечивая надлежащее качество продукции и объем производства; убирает «пики» и соответствующие затраты.
- Более длительный период хранения продукции.

Производство таблеток

Применение осушителей при производстве таблеток позволяет предотвратить:

- агломерацию и слипание частиц;
- изменение содержания влаги в таблетках, неравномерность качества продукции;
- деформацию и разлом таблеток, что может привести к образованию пробок;
- остановку оборудования и частое техобслуживание.

Применение сухого воздуха при сушке твердых и мягких желатиновых капсул позволяет сделать процесс точным, контролируемым, проводить его при более низких температурах, повышает качество продукции, стабильность в размерах и увеличивает время хранения готовой продукции.

Система кондиционирования и вентиляции

Одним из основных требований к вентиляционным системам в фармацевтической промышленности является предупреждение распространения нежелательного бактериологического роста.

С этой точки зрения испарители и их поддоны являются точками повышенной опасности, поскольку влажность в них приближается к 100% и они являются местами размножения плесени и грибов. Этот риск может быть полностью исключен при использовании «сухой» охлаждающей системы, когда влажность удаляется по методу сухого воздуха. Отсутствие конденсации и высокой влажности является значительным преимуществом, исключая места, где может происходить рост бактерий, плесени и грибов.

Ведущие фармацевтические компании добиваются того, чтобы в производственных помещениях была обеспечена относительная влажность на уровне 25%.

Это условие гарантирует, что любая продукция, которая чувствительна к повышенной влажности, особенно шипучие таблетки, может изготавливаться в любом месте на производстве.

Ранее на этих производствах относительная влажность на уровне 50% обеспечивалась, в основном, за счет использования тепла или метода теплового насоса. Для значений относительной влажности ниже 50%, осушение данным методом может стать ненадежным и плохо регулируемым вследствие обмерзания змеевика, а применение тепла приводит к 10-кратному увеличению расходов энергии по сравнению с сорбционным осушителем.

При этом осушитель может использовать альтернативные источники энергии: пар, горячую воду, газ или их комбинацию.

Используя сухой воздух в производственных и упаковочных помещениях, осушители «Munters» или улучшают существующие процессы, или создают такие условия окружающей среды, в которых могут осуществляться новые процессы.

Достигаются следующие типичные преимущества:

- Сохраняются первоначальные характеристики активных компонентов в сырьевых материалах и полуфабрикатах.

- Значительно уменьшается количество и скорость роста бактерий.
- Уменьшаются затраты на техническое обслуживание и длительность простоев в результате предотвращения образования веществ, прилипающих к оборудованию и засоряющих его.
- Устраняются колебания качества продукции вследствие изменения влажности или температуры.

Пневмотранспорт и подготовка сжатого воздуха

При подготовке сжатого воздуха для пневмотранспортировки сырья или готовой продукции, температура воздуха и температура точки росы возрастают вследствие сжатия воздуха. Дальнейшее охлаждение сжатого воздуха приводит к его насыщению и образованию конденсата. Конденсат частично улавливается специальными системами, в то время, как в систему для транспортировки гигроскопических продуктов (материалов) подается воздух с влажностью близкой к 100%.

Следствия данного явления хорошо известны инженерам практикам:

- гигроскопический материал впитывает влагу, что приводит к увеличению веса частиц, их выпадению и осаждению на стенках трубопроводов, уменьшается скорость потока;
- возможно образование пробок в трубопроводах и остановка производства для ликвидации последствий;
- конденсат образует многочисленные очаги интенсивного развития плесени и бактерий, что приводит к осложнению санитарно-гигиенической ситуации;

Применение абсорбционных осушителей фирмы «Muters» для предварительного осушения воздуха (перед компрессором) позволяет:

- сократить потери продукта до минимума, т. е. выход готовой продукции увеличивается;
- предотвратить возникновение аварийных ситуаций, связанных с закупориванием трубопроводов, существенно сократить затраты на эксплуатационное обслуживание и проведение профилактических мероприятий;
- повысить качество готовой продукции, так как качество исходного сырья не изменяется под воздействием влажности;
- улучшить санитарно-гигиеническую обстановку вследствие 100 % отсутствия конденсата как питательной среды для роста бактерий;
- производительность компрессоров увеличивается на 8–10 %, поскольку не нужно дополнительно сжимать водяной пар;
- увеличивается срок службы компрессоров.

Только сухой сжатый воздух может быть чистым, так как именно влага связывает в пневмосистемах частицы грязи различного вида.

Применение осушителей при квазиоткрытой системе, позволяет обеспечить высокую кратность воздухообмена при небольшом добавлении свежего осушенного воздуха для обеспечения подпора воздуха и условий работы для операторов.

Производство печатных плат



Предварительная информация

Последние 20 лет информационная революция базировалась на кремниевых чипах. Каждый год путем интегрирования все большего количества плат в чипы памяти или микропроцессора, инженеры делают компьютерные технологии более дешевыми, многочисленными и более адаптированными к новым типам использования. Наименьшее всегда считалось наилучшим, но нет предела для совершенствования. После того, как чип достиг размера канцелярской кнопки, также уменьшается размер печатных плат или РСВ.

Процесс

Печатная плата в самой простой своей форме представляет собой фрагмент изолирующего материала как, например, эпоксидная или фенольная смола, на котором монтируются чипы (интегральные схемы) и другие электронные компоненты, которые связываются между собой в виде схемы. Большинство печатных плат используют медную фольгу для связи между компонентами. Слои фольги могут находиться на одной или обеих сторонах платы, и, в более современных конструкциях, в нескольких слоях в плате.

Фоточувствительные полимерные соединения наносятся на поверхность для селективного маскирования линий схемы для процесса травления. Гигроскопичный характер этих соединений может вызывать поглощение влаги, что, в свою очередь, приводит к обрезанию в соединении микроскопических линий схемы, приводя к дефектам в схемах. Относительная влажность воздуха в чистых помещениях фотолитографии, где происходит процесс травления, должна сохраняться на контролируемых уровнях. Для получения наилучших результатов чистые производственные помещения должны эксплуатироваться при относительной влажности 20–35% при 20°C. Контроль влаги также абсолютно важен, когда кварцевые кристаллы встраиваются в печатные платы. Платы с кварцевыми кристаллами после сборки переносятся для процесса выдержки. В течение этого времени уровень влажности должен тщательно поддерживаться во избежание поглощения кристаллами водяного пара.

Проблема

Подверженность высокой влажности может приводить к возникновению коррозии на поверхности плат, что также известно под названием микроскопическая коррозия. Даже незначительные слои коррозии могут увеличивать электрическое сопротивление и снижать емкость, что вредит эксплуатационным характеристикам.

Избыточная влажность, таким образом, вызывает плохое связывание, дефекты поверхности и снижает эксплуатационные характеристики. Фактически, чем меньше и плотнее микросхема, тем сильнее проблемы с эксплуатационными характеристиками.

Решение

Сорбционные воздухоосушители обеспечивают идеально низкий уровень влажности окружающей среды при производстве, сборке и хранении высокоточных, высококачественных электронных плат с печатным монтажом, поскольку они способны поддерживать относительную влажность 1% или даже ниже на постоянном уровне независимо от условий окружающей среды. Относительная влажность в чистых помещениях сборки РСВ должна поддерживаться на уровне 20–35% при 20 °C.

Изготовление дрожжей

Предварительная информация

История дрожжей не моложе истории хлеба. На протяжении веков дрожжи ассоциировались с изготовлением хлеба в качестве ферментирующего вещества. Происхождение хлеба, хотя и неточно, восходит к каменному веку. Хлебные лепешки были широко распространены в конце каменного века, а вот хлеб, изготовленный на дрожжах, появился около 4000 до н.э.

Следы дрожжей были выявлены в пивных сосудах, и «пивной» хлеб использовался как приношение богам в гробницах Фив в 2000 до н.э. Ферментация, изначально, как случайное загрязнение дрожжами, занесенными по воздуху, развилась путем использования куска старого теста. До сегодняшнего дня этот метод является наиболее популярным среди тех, которые используются пекарями. Однако к 300 до н.э. изготовление дрожжей стало отдельной профессией.



В настоящее время дрожжи поступают на рынок в пакетах, как правило, и упаковке из фольги. Однако нет ничего нового в функции дрожжей как агента для брожения в целях придания хлебу, которой мы едим, известной легкой фактуры. Дрожжи изготавливаются из живых клеток, которые могут превращать сахар в алкоголь и двуокись углерода

Процесс изготовления дрожжей

Процесс изготовления дрожжей также интересен, как и процесс изготовления хлеба, в котором используются дрожжи. Изготовление дрожжей включает в себя взращивание организма в соответствующей среде. Сбор культуры происходит, когда взросло достаточное количество клеток. Затем материал переносится в прозрачный минеральный раствор соли и сахара, используемый как среда, где и происходит ферментация. Для обеспечения быстрого роста поддерживается постоянная температура. Затем дрожжевые клетки отделяются от жидкости, в которой они росли, с помощью процесса фильтрации. Дрожжевые клетки смешиваются с клетками крахмала и прессуются в большие лепешки. Свежие дрожжи живут не более нескольких недель при температуре, поддерживаемой на уровне 4°C. Следовательно, дрожжи необходимо сохранять в специально сконструированных холодных хранилищах. С другой стороны, сухие активные дрожжи могут храниться до двух-трех лет без каких-либо потерь их свойств.

Используются специальные технологические методы производства сухих дрожжей. Сушка дрожжей является непростым процессом, требующим холодного сухого воздуха для производства качественных дрожжей без уничтожения организма. Качество воздуха, требуемого для сушки дрожжей, должно контролироваться, содержание влаги должно поддерживаться на уровне 10–14 гран/фунт (1,6–2 г/кг) или температура конденсации воздуха должна находиться в пределах -11–7°C.

Проблема

Изготовление дрожжей предоставляет собой выращивание организма в соответствующей среде. Высокотемпературная сушка дрожжей уничтожает организм, являющийся наиболее важным требованием в качестве изготовления дрожжей.

Решение

Сорбционные осушители способны отвечать этим жестким условиям в зоне сушки производства дрожжей. Изготовление дрожжей, как видим, включает в себя низкотемпературную сушку. Более высокая температура обеспечивает более быструю сушку, хотя ухудшает качество продукта. В сочетании с установками кондиционирования воздуха, очень сухой воздух при низких температурах может подаваться в целях сушки продукта, поскольку эти воздухоосушители могут поддерживать 1% относительной влажности и даже ниже на постоянном уровне, независимо от условий окружающей среды.

Напыление порошковой краски



Процесс

Эффективность и надежность напыления порошка, в основном, является функцией обязательного контроля взаимодействия наносимого продукта, т.е. его химического состава, и различных составляющих, например, убывание заряда оборудования, работающего в окружающих условиях его применения. Относительная влажность и температура непосредственно воздействуют на практическое нанесение. Однако в большей части оборудования для нанесения порошкового покрытия эти окружающие условия не контролируются.

Воздействие влажности

Влажность имеет прямую связь с потерей заряда ионов, размещением частиц, равномерностью наносимой толщины, регулировками, требуемыми эксплуатационными условиями пульверизаторов, спеканием или агломерацией (образованием сгустков) частиц порошка, и имеет измеримое негативное воздействие на удельное сопротивление порошка. Высокая влажность может вызывать приставание частиц порошка к коронирующему электроду и тем самым быстро охлаждать его. В более серьезных случаях, порошки, подверженные воздействию высокой влажности, вообще не могут наноситься.

Проблема

В зонах нанесения порошкового покрытия высокая влажность вызывает неправильное расположение частиц, неверную толщину пленки, эксплуатационные проблемы с пульверизаторами, спекание или агломерацию (образование сгустков) частиц порошка, и имеет негативное воздействие на удельное сопротивление порошка. В более серьезных случаях, порошки, подверженные воздействию высокой влажности, вообще могут не наноситься.

Решение

Использование осушителей воздуха и систем регулирования микроклимата позволяет осуществлять полный контроль над относительной влажностью и температурой в зоне камеры для покрытия распылением, и часто во всей зоне нанесения покрытия. Преимущества возникают из двух основных моментов.

Пониженная влажность обеспечивает идеальный микроклимат для того, чтобы частицы порошка поддерживали заряд до соприкосновения с целевым объектом.

Поскольку большинство порошков гигроскопичны в той или иной степени, высокая влажность будет вызывать образование агломератов на стенках воздуховода системы утилизации, фильтрах и трубах. Фильтрационное отделение становится менее эффективным и часто требует проверки.

Рекомендации

Относительная влажность в зонах нанесения порошкового покрытия должна поддерживаться на уровне 40% относительной влажности при температуре $24 \pm 5^\circ\text{C}$.

Нанесение порошкового покрытия открыло новые горизонты в индустрии доводки продукции во всем мире, предложив пользователю улучшенное качество покрытия, эффективность и экономность. Порошковое покрытие позволяет производить покраску объектов путем пульверизации сухого продукта без какого-либо растворителя, что позволяет избегать загрязнения воды или атмосферы. С экономической точки зрения, избыточное распыление или избыток порошка может исправляться восстановительной системой с повторным использованием.

Преимущества

- Необходимо на 15% меньше порошка – из-за контроля равномерности толщины пленки и сокращения потерь от скопления наносимого порошка и образования агломератов.
- Усиленный контроль толщины пленки – путем достижения более точного контроля электростатического поля, способности нанесения покрытия на целевой объект более равномерно (размещение частиц в сочетании с долговременным ионным убыванием).
- Система восстановления работает на максимуме производительности благодаря снижению скопления порошка в воздухопроводе, фильтрах и трубах.
- Сниженная агломерация – высушенный воздух снижает способность порошка налипать на внутренних поверхностях.
- Снижение накопления порошка на пульверизаторе – заметное улучшение качества.

Производство литиевых батарей



Потребность в высушивании

Литий в высшей степени гигроскопичен по природе. Его чувствительность к воде и его нестабильность при контакте с водой делает производство литиевых батарей невозможным без эффективного контроля влаги. Его реакция даже с небольшими объемами водяного пара, может сокращать срок годности продукции при хранении и эксплуатации.

Таким образом, обязательным предусловием для производства литиевых батарей высокого качества и долгого срока годности является сухая окружающая среда со строго контролируемой влажностью.

Проблема

Литий, будучи в высшей степени гигроскопичным, является очень нестабильным при контакте с водой. Он реагирует даже на небольшие объемы водного испарения, что сокращает срок годности при хранении и работе батарей на основе хлорида лития.

Решение

Высокие технологии часто влекут за собой работу при очень точных контролируемых условиях окружающей среды. Литий или батареи повышенной энергетической емкости являются классическим примером продукта, производство которого невозможно при отсутствии эффективного воздухоосушения.

Воздухоосушение или контроль влаги доказал, что оно является важным фактором контроля окружающей среды для обеспечения производства продукции высокого качества в больших объемах.

Рекомендации

- Нагрузка влаги в пределах контролируемого пространства.
- Уровень влаги в зонах производства литиевых батарей должен соответствовать содержанию влаги 0,25 грамм водяного пара на 1 кг сухого воздуха.
- Температура в помещении должна поддерживаться на комфортном уровне приблизительно 25 °C.
- Температура в помещении должна быть слегка теплой, чтобы рабочие производственной зоны чувствовали себя комфортно.

Производство сахара

Производственный процесс

Рафинированный сахар подается ленточным конвейером в сахарные бункеры или накопители. В этот момент сахар находится при температуре приблизительно 48°C и с содержанием влаги приблизительно 0,035% его собственного веса. Этот сахар должен остыть приблизительно до 38–40 °C до начала его упаковки. Если остужать сахар естественным образом, процесс охлаждения занимает 12–36 часов, и в течение этого времени происходит конденсация на потолке бункера. Это приводит к образованию комков в верхнем слое и ухудшению качества.



Конденсации можно избежать, если поток холодного воздуха, лишенного влаги, поступает в бункер при условии $26 + 1$ °C и $30 + 2\%$ относительной влажности. Это не только контролирует конденсацию, но также сокращает время охлаждения до 6 часов, что приводит к значительной экономии производственного времени, человеко-часов и производственных затрат.

Проблема

Сахар, являясь крайне гигроскопичным, очень быстро поглощает влагу, создавая такие производственные проблемы, как спекание, образование комков и затвердение, карамелезация во время обработки, хранения его в упаковках.

Решение

Сорбционные осушители воздуха способны решать большое количество проблем с влагой на протяжении времени хранения и упаковки сахара. Воздухоосушители удаляют влагу из воздуха с помощью процесса непрерывной физической абсорбции, таким образом предотвращая конденсацию.

Сорбционные осушители воздуха могут эффективно поддерживать самые жесткие требования к влажности при хранении сахара и его упаковке, поскольку они могут поддерживать относительную влажность на уровне 1% или даже ниже на постоянном уровне независимо от условий окружающей среды.

Также, сухой воздух из воздухоосушителя предварительно охлаждается до подачи в бункер хранения, что сокращает время остужения сахара.

Рекомендации

Относительная влажность в зонах хранения сахара должны поддерживаться на уровне 20% RH при температуре 24°C.

Сушка меда



Производственный процесс

Мед в основном представлен тремя типами:

- Монофлорный мед (получен от одного типа цветов).
- Полифлорный мед (получен от разных типов цветов).
- Лесной мед (получен от лесных цветов).

После того, как сырой мед получен с пасеки производителем, он очищается от всех нежелательных материалов, а именно: мертвых пчел, веток и частей ульев, путем фильтрации.

Затем он высушивается для достижения содержания влажности 19%.

Мед хранится внутри барабана и постоянно помешивается. Горячая вода циркулирует во внешнем цилиндре, окружающем барабан с медом. Таким образом мед разогревается опосредованно до температуры 65°C для снижения содержания влаги до 19% с существующего 25–30%. Проблема состоит в том, что содержание ГМФ (НМФ) поднимается выше 40% из-за нагрева выше 35°C.

Проблема

При обычной сушке меда, содержание НМФ (гидрометил фурфурола) в нем часто поднимается до 40% из-за избыточной температуры. Мед с высоким содержанием влаги является непригодным для фармацевтической промышленности, где он максимально используется.

Во всем мире спрос на монофлорный мед (мед, полученный от одного типа цветов) очень высок, из-за его применения в фармацевтической промышленности. Он используется при условии содержания влаги 19% и ГМФ (НМФ) содержанием 25%. Если мед имеет более высокое содержание влаги, чем определено, то он должен высушиваться до достижения 19% содержания влаги.

Рекомендации

Инженеры компании рекомендуют, чтобы мед был равномерно нанесен на поднос с максимальной толщиной слоя 10 сантиметров внутри закрытого помещения, где циркулирует осушенный воздух с постоянной температурой 35°C. Температура поддерживается на этом уровне с помощью кондиционера воздуха. Это позволяет снизить содержание влаги без увеличения содержания ГМФ (НМФ). Было также предложено упаковывать высушенный мед в контейнеры внутри помещения с осушенным воздухом для того, чтобы сухой мед повторно не набрал влагу.

Мед востребован при условии 19% содержания влаги и 25% содержания ГМФ (НМФ). Если мед имеет более высокое содержание влаги, чем определено, то он должен высушиваться до достижения 19% содержания влаги. Рекомендуется высушивать мед при 35°C для получения необходимого содержания влаги 19%.

Производство шин

Производственный процесс

Производители придерживаются различных процессов для подготовки многослойных шин. Некоторые используют только стальные пояса для придания прочности, другие добавляют поперечное плетение стального каркаса, что делает его более долговечным.



Производственное помещение, в котором стальные каркасы покрываются тканью, что превращает их в единую связанную ленту, которая потом сплетается, называется шпулярным помещением.

В шпулярном помещении разная проволока из ткани и стали поступает на намоточную машину с различных шпулей. Присутствие повышенной влажности в этом помещении приводит к коррозии стальной проволоки, что, в свою очередь, приводит к большой отбраковке и потери прочности. Коррозия не позволяет осуществлять надлежащую сцепку стали и резины.

Осушение воздуха в шпулярном помещении, таким образом, становится жизненной необходимостью в данной зоне.

Проблема

Во время процесса производства радиальных шин, присутствие высокого уровня влажности приводит к коррозии стальных каркасов, что ведет к значительной отбраковке и потере прочности, поскольку коррозия не позволяет осуществлять надлежащее сцепление между металлом и резиной.

Решение

Вследствие характера производства, территория, окружающая шпулярное помещение, может иметь уровни температуры и влажности, превышающие нормальные условия окружающей среды.

В шпулярном помещении различная проволока из ткани и стали поступает на намоточную машину с большим количеством шпулей. Вся эта большая зона принимается во внимание при вычислении влагосодержания. К тому же, выпускается достаточный объем кондиционированного воздуха для обеспечения положительного давления в пространстве.

Необходимо также, чтобы, когда корд покидает шпулярное помещение, он проходил через воздух комнатной температуры. На этом этапе, если температура корда будет ниже температуры конденсации такого окружающего воздуха, то влага будет конденсироваться на нем и попадать в готовую крученную прядь. Таким образом, корд не должен покидать шпулярное помещение до того момента, как он сможет проходить через температуру окружающего воздуха выше температуры конденсации.

Шины, к которым применяются новые технологии изготовления радиальных шин, прошли тест на более длительный срок эксплуатации по сравнению с обычными шинами. Все это было достигнуто благодаря соответствию требованиям качества производственного процесса. Использование сорбционных воздухоосушителей для защиты стального корда обеспечивает долгосрочную сцепку, необходимую для шины.

Рекомендации

Относительная влажность в помещении шинных катушек должна поддерживаться на уровне между $20 \pm 5\%$ при $25 \pm 5^\circ\text{C}$.

Хранение бисквитов, печенья



Производственный процесс

Бисквитный конвейер,двигающийся из печи, несет бисквиты при высокой температуре. Бисквиты охлаждаются до температуры окружающего воздуха на длинном конвейере до момента их упаковки. Как правило, в большинстве случаев темпы упаковки медленнее темпов производства бисквитов. Таким образом, неупакованные бисквиты должны направляться на временное хранение.

Между временем, когда бисквиты остыли до температуры окружающего воздуха, и временем, когда неупакованные бисквиты направляются на упаковку, они подвержены воздействию высокой влажности, в результате чего влага попадает и удерживается в бисквитах.

Поэтому важно, чтобы влажность в помещении хранения (также называемом ГОРЯЧАЯ КОМНАТА) контролировалась на таком уровне, чтобы не пострадало качество бисквитов.

Было обнаружено, что если относительная влажность внутри помещения временного хранения поддерживается на уровне 30–35% при температуре окружающего воздуха, то проблема с набором влаги решена.

Проблема

Бисквиты/печенья, будучи в высшей степени гигроскопичны, набирают влагу в процессе хранения до процесса упаковки и, таким образом, становятся сырыми, «резиновыми» и теряют «хрустящее свойство», привлекательный вид и вкус. Это также приводит к значительному сокращению времени хранения продукта.

Общие рекомендации

Относительная влажность в зоне хранения (временное хранение до упаковки) должна поддерживаться на уровне $30 \pm 5\%$ при температуре 28°C для решения проблемы с устранением или регенерацией влажности. Относительная влажность внутри помещения временного хранения должна поддерживаться на уровне 30–35% при температуре окружающего воздуха.

Электростанции

Электростанция в период снятия с эксплуатации

Существует несколько причин, по которым некоторое электрогенерирующее оборудование или даже вся электростанция целиком должны простаивать или выводиться из эксплуатации временно или на продолжительный период времени, а именно:

- для технического обслуживания или ремонта;
- из-за избыточной мощности;
- в резервный режим в случае поломки;
- частичное закрытие из-за нереализуемых производственных мощностей;
- остановка до запуска;
- длительное «холодное резервирование» (ECS).



Все оборудование, когда оно не находится в режиме эксплуатации, должно содержаться в состоянии «Как оставлено» до момента возникновения необходимости его активации. При необходимости оборудование должно быть способно перейти в режим «Онлайн» немедленно.

Проблемы

Проблемы

В электроэнергетике, такое дорогостоящее оборудование, как турбины, электрогенераторы, бойлеры, конденсоры и т.п. начинает ржаветь и подвергаться коррозии при хранении или при закрытии станции, или даже в период эксплуатации из-за влаги, присутствующей в воздухе.

Влага увеличивает скорость коррозии, что приводит к:

- Ухудшению состояния частей и компонентов.
- Отказам.
- Снижению срока службы турбин и т.п.

Контроль коррозии через осушение воздуха

Скорость коррозии возрастает, если относительная влажность превышает критический уровень 40%. Выше этого уровня промышленные загрязнители, как, например, двуокись серы, также усиливают скорость коррозии, поскольку коррозия развивается скорее, когда поверхности подвержены воздействию загрязненного воздуха в сочетании с высокой относительной влажностью.

Следовательно, если относительная влажность в зоне хранения дорогостоящего оборудования может быть ограничена на уровне ниже 40%, то в таком случае такое оборудование, как генератор, турбины и их компоненты, могут поддерживаться в надлежащих условиях для его немедленной активации всякий раз, когда это может потребоваться.

Осушение воздуха включает в себя сушку воздуха путем фактического удаления из него влаги. Удаление влаги из зоны хранения снижает относительную влажность в этой зоне, что эффективно останавливает коррозию и рост микробных организмов. При хранении турбин надлежащее осушение воздуха обеспечивает минимальное ухудшение состояния внутренних систем.

Электростанции, простаивающие из-за необходимости проведения технического обслуживания или ремонта, могут быть надежно защищены от коррозии путем продувки иссушенного воздуха через паровую сторону, а также через обмотку генератора.

Иссушенный воздух способствует отсутствию ржавчины в неатомных компонентах таких, как бойлеры, конденсоры, турбины, когда атомная станция закрыта для загрузки ТВЭЛов, а этот процесс может продолжаться целый год.

Для электростанций, работающих на органическом топливе, простой может возникать в связи с необходимостью ремонта печей или бойлера или в связи с нахождением возможности обеспечения менее дорогой энергии из альтернативных источников. В течение такого времени поток иссушенного воздуха, подаваемый в объект, предотвращает ржавление и возникновение других проблем, связанных с влагой.

Решение

Сорбционные воздухоосушители обеспечивают идеальный микроклимат с низкой влажностью для консервирования и деактивации электростанций, поскольку они способны поддерживать относительную влажность на постоянном уровне 1% или даже ниже независимо от условий окружающей среды.

Рекомендации

Для минимизации потерь, вызванных коррозией, относительная влажность на электростанции в режиме ожидания должна поддерживаться на уровне 15–30% относительной влажности при 24°C, а в период эксплуатации – на уровне ниже 35% относительной влажности при температуре окружающей среды.

Хранение шоколада



Хранение шоколада и конфет в складских помещениях с кондиционируемым воздухом является обычной практикой. Большая часть шоколадной продукции хранится в них от одной недели до года с момента производства и до момента потребления. Таким образом, крайне важно, чтобы шоколад или конфеты не теряли качества в течение этого времени.

Однако несмотря на хранение шоколада в помещениях с кондиционированным воздухом, гостиницы, авиакомпании и супермаркеты регулярно теряют большое количество этой продукции из-за ухудшения качества.

Основной причиной таких потерь и повреждений является влажность, которую зачастую не могут эффективно контролировать системы кондиционирования воздуха. Шоколадная продукция также отдает влагу при хранении.

В идеале, должна устанавливаться система воздухоосушения в комбинации с системой кондиционирования воздуха для обеспечения оптимального условия для безопасного хранения шоколада и предотвращения его порчи.

Шоколаду требуется не только хранение в прохладном, сухом помещении, но также и контроль влажности при его производстве, глазуровке и упаковке.

Проблема

Шоколад часто становится «старым» и прогорклым, теряет цвет, аромат и вкус при неправильном хранении. Большое количество шоколада также портится из-за роста грибка, плесени, приставания к обертке, ломки, крошения и попадания влаги.

С этой проблемой хорошо знакомы сотрудники гостиниц, авиакомпаний, супермаркетов, которым необходимо складировать большие количества различного дорогого шоколада для гостей и потребителей.

Общие рекомендации

Шоколад должен храниться при уровне относительной влажности 35% RH при температуре 25°C для удержания оригинального вкуса и аромата.

Операционные комнаты



Давно ушли в прошлое те дни, когда удовлетворительными условиями для операционных было около 20–22°C при 50% относительной влажности. В настоящее время в связи с многослойным тяжелым «облачением» хирургов и многочасовыми процедурами, большинство больниц требуют, чтобы в их хирургических отделениях в течение процедур поддерживалась температура 15–18°C или ниже. Кроме заботы о хирургах, часто бывает необходимым поддерживать более низкие температурные состояния в операционных по причине терапевтической специфики либо для предотвращения слишком быстрого затвердевания клеящего состава, применяемого в ортопедии. Даже при таких пониженных температурах предполагается, что относительная влажность в пространстве, тем не менее, будет поддерживаться на уровне около 50%. При обычных системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC) (например, охлажденная вода или DX (воздухоохладитель с непосредственным испарительным охлаждением)) таких условий достичь очень трудно, поскольку при этом относительная влажность, как правило, находится на уровне выше 60%. Такие условия приводят к ухудшению рабочей среды операционной комнаты, по сравнению с необходимой.

Решение

При внедрении осушителя в проект операционного отделения больницы вся система может быть спроектирована для осуществления оптимального и активного контроля влажности. Сотрудникам операционного отделения больше не придется мириться с нежелательными условиями. Больше не будет возникать угроза "дождя" в операционной комнате во время операций (т.е. образования конденсата и его капание с металлических крепежей на потолке). Общая проблема образования затуманенности линз микроскопов также может быть устранена при пониженном уровне образования конденсата в воздухе операционных комнат. Независимо от температуры в помещении, можно достичь очень низких показателей относительной влажности. А система влагопоглощения может также применяться для строгого кондиционирования в соответствии с требованиями к внешнему воздуху хирургического отделения, или может быть настроена на обработку всей подачи воздуха в отделение.

Преимущества

- Большой комфорт для врачей при хирургических операциях.
- Независимый, лучший контроль влажности и температуры.
- Устранение влаги с верхней части любого оборудования обработки воздуха, что позволяет оптимизировать работу сухих змеевиков охлаждения.
- Кабельные каналы хирургического отделения остаются сухими, что предотвращает образование плесени.
- Осушающие системы могут дополнять уже существующие в больницах механические системы.
- Может учитывать дополнительные требования к охлажденной воде без добавления новых охладителей.
- Эффективно использует теряемую избыточную мощность бойлера в летнее время, в непиковые сезоны, с использованием горячей воды для регенерации десиканта.
- Контроль латентных нагрузок, когда осушающая система позволяет осуществлять точные и быстрые температурные изменения, т. е., время более быстрого охлаждения и периода восстановления.
- Отсутствие эффекта затуманивания линз микроскопов.
- Отсутствие явления "дождя" с потолка операционной и/или металлического крепежа.

Пивоваренное производство

Водяной пар из окружающего воздуха конденсируется на холодных поверхностях танков, труб и стен. Постоянное присутствие конденсата и высокая относительная влажность представляют собой идеальные условия для роста вредных для пивоваренного производства плесени и бактерий.

Для борьбы с этими микроорганизмами помещения и оборудование регулярно моются горячей водой с моющими средствами. Однако это усугубляет проблему высокой влажности, поскольку что в процессе мойки в помещения привносится много воды.

Высокая относительная влажность и конденсат негативно воздействуют на отделку помещений, вызывая необходимость в более частом и дорогом косметическом ремонте. Кроме того, из-за повышенной влажности воздуха сушка помещений после мойки занимает много времени.

Обычно проблемы, связанные с образованием конденсата, пытаются решить с помощью вентиляции с подогревом воздуха или без него. Однако в этом случае для достижения результата поступающий воздух должен иметь очень низкую точку росы. Холодной зимой, когда влагосодержание воздуха низкое, такой способ дает результат, но, в целом, – это довольно непредсказуемый и непрактичный подход.

Для надежного решения проблемы конденсата необходимо поддержание точки росы ниже, чем самая холодная поверхность в помещении. Для предотвращения роста плесени относительная влажность воздуха должна быть ниже 70%.осушители эффективно решают эти задачи, что подтверждается опытом поставок на пивоваренные заводы в разные страны мира.



Судостроение и морские перевозки



Уже более 20 лет осушители используются при пескоструйной обработке и окраске судов у многих верфей по всему миру. При этих работах контроль влажности имеет большое значение. Если у поверхности металла относительная влажность воздуха превышает 60%, то начинается коррозия. Для подготовительных работ перед нанесением краски необходимо, чтобы окружающий воздух был сухим. Мы выпускаем специальные осушители для данной области применения .

Грузовые перевозки

Сухой воздух в грузовых трюмах защищает товары от разрушительного влияния влажности.

Источниками влаги могут быть:

- воздух в трюме;
- перевозимый груз;
- дождевая вода в трюме;
- наружный воздух, проникающий внутрь.

При перевозке таких грузов, как бумага, или рулонная сталь, использование осушителей служит гарантией сохранения ими товарных качеств.

Осушка трюмов химических танкеров

Использование сорбционных осушителей для осушения танков на борту химических танкеров становится все более распространенным. Это объясняется тем, что процесс осушения должен быть быстрым. Многие химические продукты являются гигроскопичными, поэтому для защиты их от влаги необходимо, чтобы перед заполнением танка точка росы воздуха была ниже, чем температура окружающих поверхностей.

Защита судна от коррозии. Консервация

- На судне много труднодоступных мест, которые очень сложно защитить от коррозии покраской. Установка осушителя обеспечивает надежную защиту от коррозии.
- Защита судна и оборудования с помощью антикоррозийного покрытия – очень дорогостоящее решение. Мы предлагаем более экономичный подход. Сухой воздух предотвращает коррозию, конденсацию влаги, обеспечивает надежность электрического и электронного оборудования. Защита от коррозии механизмов носового гребного винта, помещения рулевого привода, грузоподъемных кранов, мест хранения противопожарных и спасательных средств – вот некоторые области применения наших решений.

Пищевая промышленность



Поддержание определенных температуры и влажности воздуха необходимо при производстве и хранении многих пищевых продуктов. Необходимость регулирования влажности воздуха обусловлена следующими условиями:

- необходимостью сушки продуктов;
- комкованием/слипанием гигроскопичных продуктов;
- санитарно-гигиеническими требованиями в связи с риском роста плесени и бактерий на продукте, в производственном цехе;
- риском конденсатообразования на продукте, а также на различных поверхностях производственного помещения;
- нежелательностью образования инея, льда, снеговой шубы;
- риском коррозии;
- риском сбоев электрических/электронных систем, вызванных влажностью.

Пищевая отрасль – важная область применения сорбционной технологии осушки воздуха. Осушители «Munters» используются, например, при хранении в силосах и пневмотранспортировке гигроскопичных материалов; при охлаждении, заморозке и сушке продукции; для защиты от влаги при упаковке и хранении на складах.

Сухой воздух, создаваемый осушителями, помогает обеспечивать высокое качество пищевых продуктов и позволяет увеличить объемы выпуска продукции на имеющемся оборудовании.

Примеры применения осушителей воздуха в пищевой промышленности:

- Охлаждающие тоннели.
- Дражирование.
- Сушильные камеры.
- Скороморозильные аппараты.
- Сушка в кипящем (псевдооживленном) слое.
- Распылительная сушка.
- Кондиционирование помещений.

Охлаждающие тоннели

- С их помощью достигаются следующие результаты:
- Предотвращение тумана, конденсата, инея.
- Стабильное качество продукции.
- Защита от плесени – соблюдение санитарно-гигиенических требований.
- Возможность применения более низкой температуры охлаждения – увеличение производительности оборудования.

Дражирование

- Преимущества сушки воздуха:
- Сокращение времени цикла.
- Повышение качества продукции.
- Меньше механических повреждений продукта.
- Меньше пыли.

В отличие от осушителей конденсационного типа, не способных обеспечить точку росы ниже 5 °С, сорбционные осушители не имеют ограничения по глубине сушки воздуха, что позволяет существенно улучшить дражировочный процесс – смотри примеры ниже.

Производство жевательной резинки

До: 30°С и отн. влажность 30% (влагодод. возд. 8 г/кг).

После: 30°С отн. влажность 8% (влагодод. возд. 2 г/кг).

Производство мягких пастилок

До: 21°С и отн. влажность 40% (6.2 г/кг).

После: 21°С и отн. влажность 18% (2.7 г/кг).

Производство шоколадных конфет

До: 12°С и отн. влажность 80% (7 г/кг).

После: 12°С и отн. влажность 35% (3 г/кг).

Сушильные камеры

Преимущества осушения воздуха:

- Ускорение процесса сушки.
- Процесс независим от сезонного фактора
- Возможность снижения температуры сушки.
- Снижение потерь вкусовых качеств.
- Нет необходимости в отдельной дорогостоящей сушилке для крахмала.

Скороморозильные аппараты

Производство

- Мороженого.
- Изделий из теста.
- Тушек птицы в упаковке.
- Полуфабрикатов в упаковке (пельмени, вареники, блинчики, котлеты и др.).
- Мясных, рыбных полуфабрикатов в упаковке.

Иней на испарителях скороморозильных аппаратов образуется из-за попадания внутрь наружного воздуха. Влага, находящаяся в воздухе, конденсируется на холодной поверхности испарителя, образуя слой инея (снеговую шубу). Охлаждающая способность камеры в результате снижается, что вызывает необходимость в оттайке испарителей.

Преимущества установки осушителей:

- Интервал между оттайками увеличивается – увеличение производительности оборудования.
- Образование инея сводится к минимуму – гарантия качественной заморозки.
- Экономия электроэнергии.
- Сокращение общего времени на оттайку и подготовку к работе после мойки за счет быстрого высушивания камеры.

Сушка в кипящем (псевдооживленном) слое

Флюидизационные сушильно-охлаждающие установки используются для охлаждения и сушки порошков, гранулятов, для сушки молока, дрожжей, взрывчатых веществ.

Распылительная сушка

Производительность любой башенной распылительной сушилки зависит от внешних условий. В летнее время производительность сушилок падает. Иногда производство в этот период полностью останавливают. Причина – влага, содержащаяся в воздухе.

Применение адсорбционного осушения воздуха имеет следующие преимущества:

- Независимость от внешних условий
- Одинаковая производительность круглый год.
- Облегчается работа операторов – не требуется изменение настроек оборудования.
- Увеличение производства на 15–20%.
- Стабильность качества продукта – благодаря стабильной температуре сушки.
- Существенная экономия энергии
- Энергия не расходуется на нагрев воды, находящейся в воздухе в больших количествах.

Сорбционное осушение – экзотермический процесс, поэтому для нагрева воздуха требуется меньше энергии.

Экономия электроэнергии – 10–15%.

Кондиционирование помещений

Осушка воздуха в производственных цехах, на складах сырья, упаковки и готовой продукции для защиты:

- гигроскопичной продукции и материалов от влажности.
- от образования конденсата.
- от образования плесени.

Сушка желатина



Желатин, являющийся сырьем для изготовления капсул, пищевых продуктов, косметики и фотопленок, должен быть высшего сорта для получения готовой продукции того же сорта. Желатин чувствителен к влаге и температуре по своей природе и, таким образом, процесс производства желатина не может обойтись без внедрения самых передовых технологий сушки для получения желаемого качества готовой продукции.

Между измельчением кости и получением желатина стоят многие производственные фазы. После фаз «Обезжиривания» и «Деминерализации» размельченная кость превращается в нерастворимый коллаген, известный как оссеин – основное сырье для желатина.

После предварительного мытья и вымачивания оссеин передается в ограниченную секцию. Ограничение выполняется при контролируемой температуре в течение 45 или 90 дней. После особого процесса извлечения извести обрабатываемый оссеин готов к комплексному процессу экстракции желатина. Этот процесс включает в себя ряд технических приёмов фильтрации и концентрации. На последней стадии желатиновый ликер охлаждается в роторах. При низких температурах раствор желатина превращается в гель. Этот гель выходит через перфорированный выход морозильной камеры в виде спагетти, подаваемых на безостановочный ленточный осушитель, изготовленный из нержавеющей стали.

Желатиновые спагетти, выходящее из холодильной установки, должно обезвоживаться, с постепенным увеличением температуры, стерилизованным иссушенным воздухом до момента, когда влажность останется в пределах 10–12 %. В течение сушильного процесса желатин медленно проходит расстояние 35 метров через восемь отдельных температурных зон, в которых температура контролируется в пределах $\pm 1^\circ\text{C}$. Воздух, подаваемый в сушильный аппарат, кондиционируется с помощью сорбционных осушителей с микрофильтрами и предварительным охлаждением на входе. Таким образом, независимо от внешних погодных условий, воздух, подаваемый на сушильный аппарат, всегда имеет одинаковую температуру, влажность и стерильность в течение всего года.

Холодный и сухой воздух абсорбирует влагу продукта, снижая начальное содержание влаги (ИМС) от 70% до приблизительно 10–12%, создавая поверхностное упрочнение и быстрое высушивание.

На данной стадии требуется повышенная осторожность относительно температуры и стерилизации, поскольку неправильно выбранный температурный режим вызывает таяние геля и ненормальные характеристики растворимости, в то время, как любое микробное загрязнение является нежелательным, принимая во внимание применение и способность желатина к разложению микроорганизмами.

Сухой желатин, находящийся в данный момент в стабильном состоянии, сохраняется в отдельном временном хранилище, где отбираются лабораторные образцы в рамках контроля процесса до окончательного его измельчения и смешивания в соответствии с требованиями потребителя.

Даже на складе готовой продукции желатин сохраняется в контролируемых условиях таким образом, чтобы его качественное состояние сохранялось до момента вывоза с производства.

Использование сорбционного осушителя является наиболее экономичным и надежным методом сушки продукта, т. е. безусловным предусловием получения наилучшей продукции!

Общие рекомендации сводятся к тому, что желатин должен высушиваться циркулирующим обезвоженным воздухом, подаваемым в помещение, где поддерживается относительная влажность 20 % при 32°C .

Сушка рыбы

Необходимым условием сушки является разность между концентрацией (парциальным давлением) водяных паров над высушиваемым материалом и в окружающей среде. Содержание водяных паров в воздухе измеряют в килограммах (граммах), приходящихся на 1 кг сухого воздуха. Это отношение носит название влагосодержание. Чем выше температура, тем большее количество водяных паров может находиться в воздухе, но не больше предельного насыщения. Отношение массы водяных паров, находящихся в воздухе, к массе предельного насыщения при этой же температуре носит название относительной влажности и выражается в процентах. Над поверхностью всякого влажного тела относительная влажность воздуха максимальная и составляет 100 %. При сушке рыбы в первую очередь испаряется свободная вода и парциальное давление паров над поверхностью начинает падать, так как остающаяся влага находится в дополнительных связях с тканями (силы смачивания). Для обеспечения дальнейшей сушки необходимо поддерживать относительную влажность воздуха более низкой. Практически при относительной влажности воздуха выше 75 % сушка рыбы прекращается. При влажности воздуха ниже 30-40 % происходит резкое обезвоживание поверхности, ткани уплотняются и препятствуют перемещению влаги из внутренних слоев к поверхности. Скорость сушки резко замедляется. Рекомендуют поддерживать влажность воздуха при сушке рыбы в пределах от 70 до 50 % (более высокую - в начале сушки, более низкую - в конце). Для поддержания разности парциальных давлений над поверхностью рыбы и в сушащем воздухе необходимо непрерывно удалять насыщающийся водяными парами воздух (рис. 1). Для этого применяют искусственную циркуляцию со скоростью 0,5 м/с. При большей скорости может происходить слишком интенсивное обезвоживание, при меньшей замедляется сушка.

Чем больше высушена рыба, тем ниже парциальное давление водяных паров над ее поверхностью. Если парциальное давление паров в воздухе будет больше, чем над поверхностью рыбы, то произойдет обратный процесс - увлажнение продукта. По этим причинам сушить продукт до влажности ниже 12% не имеет смысла, так как при хранении его влажность увеличивается.

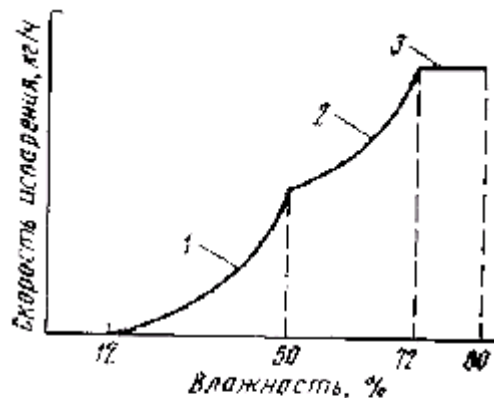


Рис. 1. Кинетика сушки:

1 — период диффузионного испарения; 2 — период капиллярного испарения; 3 — период поверхностной сушки

Весь процесс сушки можно разделить на три периода: испарение структурно-свободной воды, испарение иммобилизованной воды и в последнюю очередь - связанной. Теоретическое изменение скорости сушки не совпадает с действительным: сушка прекращается раньше, чем будет достигнуто равновесное состояние. Это объясняется тем, что в процессе диффузии влаги невозможно достичь равенства во влажности среды и материала, а также невозможно получить одинаковую влажность по всему объему материала.

Неравномерность обезвоживания по толщине приводит к неравномерному изменению физико-химических и гистологических свойств тканей. Наибольшим изменениям подвергаются поверхностные слои, наименьшим - центральные. При форсированном испарении воды (высокая температура, сухой воздух) уплотняется соединительная ткань, создается труднопреодолимая преграда перемещению воды. Чем раньше возникнет такая преграда, тем большее количество воды сохранится в центральной части. Повышенная температура, высокая влажность тканей приводят к их набуханию, разрыхлению имеющейся там соединительной ткани, и мышцы рыбы

приобретают внешний вид, аналогичный состоянию и структуре вареной рыбы. Такое явление называется подпаркой, и продукт оценивается пониженным качеством. Для более равномерного распределения влаги по толщине рыбы необходимо периодически прерывать процесс сушки. В сушильных аппаратах это достигается периодическим выключением нагрева и циркуляции воздуха на некоторое время.

Вследствие разности влажности в различных слоях тканей происходит перераспределение влаги. При естественной сушке такие перерывы возникают из-за суточных колебаний температуры и влажности естественного воздуха.

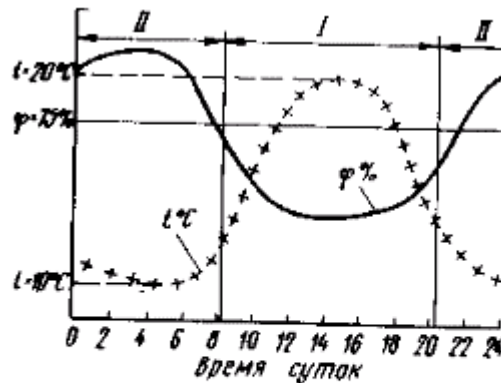


Рис. 2. Суточное изменение температуры и относительной влажности в период вяления на открытом воздухе:
I — период испарения (сушки); II — период внутренней диффузии

На рис. 2 приведены изменения температуры и относительной влажности воздуха в дельте Волги весной, в период массового вяления (сушки) воблы. В течение суток существует период, когда влажность воздуха превышает 75 % и сушка прекращается в то время, когда влажность воздуха оптимальна. Соотношение периодов активной сушки и перерывов примерно 1:1. При естественной сушке обезвоживание по толщине рыбы равномерное и качество продукта наилучшее.

Продолжительность сушки зависит от относительной поверхности рыбы (в см²/кг): чем мельче рыба, тем быстрее происходит испарение влаги. За одно и то же время при равных условиях из крупной рыбы испаряется 15 %, а из мелкой - 60 % общего количества влаги, содержащейся в тканях. Скорость испарения замедляется по мере высыхания. При общей продолжительности (15 сут) процесса вяления воблы за первые 3 дня испаряется 75 % общего количества испаренной влаги.

Чистые помещения

Чистыми производственными помещениями называются рабочие места, где контролируется загрязнение. Наличие высокого уровня влажности в чистых производственных помещениях приводит к коррозии, конденсации влаги на рабочих поверхностях, порчи изделий, если речь идет о гигроскопичных продуктах, и способствует размножению живых загрязнителей и росту бактерий, спор, грибков и т.п. Последствия этих проблем могут быть печальными для качества продукции и производственных графиков.



При общей тенденции для достижения производства продукции с нулевым уровнем дефектов, конструкционные параметры и производственные нормы становятся крайне жесткими.

Чистыми производственными помещениями являются рабочие места, где контролируется загрязнение. Они обеспечивают среду для исследований, разработок и изготовления оборудования, или для процессов, чувствительных к загрязнителям, переносимых по воздуху, как, например, частицы пыли, бактерии и т.п., и, в основном, являются чувствительными к влаге.

Чистые производственные помещения используются для производства микроскопически малых узлов, электронных приборов и инструментов при постоянно увеличивающихся требованиях к большей стерильности и чистоте воздуха, свободного от лекарственных, пищевых и микробных примесей для медицинских и биологических установок.

Загрязнители могут быть химическими или существовать в виде частиц. Загрязнители-частицы могут быть инертными (пыль) либо живыми (бактерии, споры, грибки). Живые частицы-загрязнители способны размножаться. Загрязнители могут попадать из самых разнообразных источников: воздуха (чистота которого определяется в соответствии с классами чистых помещений и классами пыли); воды, химикатов, самой физической установкой и персонала.

Таким образом, чистые производственные помещения становятся специально сконструированными закрытыми зонами, чистота среды в которых контролируется по количеству частиц, переносимых воздухом, температуре, влажности, режимам атмосферного давления, подвижности воздуха, вибрации, шума и живых организмов.

Применение чистых производственных помещений

Основными областями применения чистых производственных помещений являются электронная промышленность, фармацевтическая промышленность, аэрокосмическая промышленность, автомобилестроение, производство компьютеров и многие другие отрасли, где требуется поддержание более жестких условий производства.

Ниже приведены некоторые исключительные примеры чистых производственных помещений, где эффективно используются сорбционные воздухоосушители.

Производство полупроводников производится в чистых помещениях

Производство микросхем и микрочипов требует применения гигроскопичных полимеров, называемых фоторезистами для нанесения защитной маски на линии микросхем при процессах травления. В виду своей гигроскопичности они поглощают влагу и, таким образом, линии микросхем обрезаются или сливаются, что приводит к поломкам схем.

Кроме того, в производстве полупроводников может возникнуть огромное количество проблем, если уровень влажности колеблется в зоне изготовления полупроводниковых пластин. Время прогрева, как правило, увеличивается, и весь процесс в целом становится трудно контролируемым. Уровни влажности выше 35% относительной влажности делают компоненты уязвимыми для коррозии. К тому же, когда проявители распыливаются на платину, они быстро испаряются, охлаждая полупроводниковую пластину в достаточной степени, чтобы вызвать конденсацию на ней влаги из воздуха. Эта дополнительная вода может изменять характеристики проявителя и впитываться в слои полупроводника. Такое явление может вызывать разбухание и другие проблемы с качеством продукции, что вызывает необходимость в дополнительных средствах контроля процесса.

Производство лекарств осуществляется в чистых помещениях

На предприятиях по изготовлению лекарств высокая влажность вызывает поглощение тонкими тонкодисперсными порошками влаги, что вызывает закупоривание при подаче порошка на таблеточный пресс. Нарушение целостности порошка, вызванное поглощением влаги, приводит к крошению таблеток и закупориванию форм для производства таблеток. Колебание влажности означает трудности в поддержании температуры хранения и нормах распыления, а это, в свою очередь, приводит к тепловым повреждениям и попаданию влаги. Также влажность в воздухопроводе создает удобные влажные места для роста колоний бактерий и вызывает загрязнение.

Контроль влажности является важной переменной для:

- Предотвращения коррозии.
- Предотвращения конденсации на рабочих поверхностях.
- Снижения статического электричества.
- Предотвращения загрязнения продукции.
- Обеспечения комфортных условий для персонала.
- Компенсации гигроскопичных материалов.
- Контроля роста микробиологических организмов в пределах чистых производственных помещений.

Решение

Обычное кондиционирование воздуха само по себе не может обеспечить требуемые условия в чистых производственных помещениях. Сорбционные воздухоосушители в сочетании с кондиционированием воздуха обеспечивают требуемые параметры влажности и температуры, необходимые для функционирования чистых производственных помещений.

При применении сорбционной системы поток производственного воздуха проходит через сорбент, который поглощает влагу непосредственно из воздушного потока, и получаемый воздух, сухой, подается в чистые производственные помещения.

Хранение удобрений



Применение удобрений в сельском хозяйстве является сезонным, а их производство, особенно на современном заводе по производству удобрений, в основном является непрерывным процессом. Таким образом, необходимо складировать значительное количество удобрений как на месте расположения предприятия, так и на складе поблизости площадей потребления. Хранение удобрений в течение долгого периода времени вызывает пагубные изменения в характеристиках удобрений, поэтому необходимо предпринимать меры по преодолению таких изменений во избежание потери качества удобрений.

Большинство коммерчески доступных удобрений, особенно если существует высокая концентрация питательных веществ, являются гигроскопичными и имеют высокую степень растворимости в воде. При хранении «насыпью» в течение долгого периода времени они подвержены высокой влажности и изменяющимся атмосферным условиям, приводящим к спеканию, потере свойств и концентрации.

Температура удобрения, извлекаемого из бункера для упаковки в мешки, является очень высокой и, поэтому, оно сильно подвержено процессу гигроскопичности.

Почти для всех типов удобрений возможно хранение при окружающих температурных условиях, но относительная влажность должна поддерживаться на уровне 40%. Если влажность превышает 40%, то гранулы, являясь очень гигроскопичными, поглощают влагу, что вызывает их склеивание, а это делает продукт непригодным к употреблению. Другим побочным эффектом высокой влажности является то, что при контакте с углеводородом нитрат аммония становится взрывоопасным по своей структуре. Следовательно, крайне важным является поддержание влажности на уровне или ниже 40%.

Проблема

Удобрение, являясь в высшей степени гигроскопичным, поглощает влагу из окружающего воздуха в течение своего срока хранения, что приводит к возникновению следующих проблем.

- Спекание и образование комков.
- Потеря свойств сыпучести удобрения.
- Растворение.
- Потеря в силе.
- Кристаллизация.
- Потери физических, питательных и химических свойств.
- Опасность взрыва удобрений на нитратной основе.
- Опасность для здоровья со стороны аммиачных паров от разложившихся гигроскопичных удобрений.
- Скользкие полы из-за затвердения удобрения на полу склада.

Решение

Для преодоления проблем, связанных с гигроскопичностью удобрений, необходимо кондиционировать воздух внутри склада и площадки хранения так, чтобы удобрения не впитывали влагу из атмосферы.

Сорбционные осушители воздуха с легкостью справляются с такими задачами, независимо от температуры окружающей среды.

Осушение воздуха является важным/ крайне важным в следующих зонах:

- Башни гранулирования – низкая влажность улучшает качество гранул.
- Хранение насыпью – для защиты гранул и т.п.
- Упаковка в мешки – для легкости работы с гранулами и т.п.

Общие рекомендации

Относительная влажность в зоне хранения удобрений должна поддерживаться на уровне $35 \pm 5\%$ при приблизительной температуре 27°C .

Осушение в элеваторах



Элеватор - наиболее совершенный тип зернохранилищ. Он обеспечивает комплексную механизацию производственных процессов и автоматизацию управления ими, создает все условия для сохранности и улучшения качества зерна.

Консервация зерна

Зерновые культуры являются одними из важнейших продуктов питания. Их посев и уборка урожая производятся очень тщательно. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (FAO), ежегодно в мире в результате порчи пропадает более 20% урожая зерновых. Основная часть этих потерь обусловлена деятельностью насекомых и развитием грибков. Использование технологии осушения зерна при его хранении в силосах позволяет эффективно этому препятствовать.

Почему именно осушение?

Клеточное дыхание зерна, с последующим произвольным его самонагреванием, является причиной порчи убранных зерен. Эти процессы зависят от температуры и **влажности** зерна - чем выше температура и влажность зерна, тем интенсивнее оно дышит. Самонагревание вызывает потерю сухой массы и благоприятствует развитию насекомых-вредителей и грибков. Известно, что в зонах с умеренным климатом в холодное время года возникает значительно меньше потерь при хранении, чем в летние месяцы, так как зимой абсолютная влажность в разы меньше, чем летом. Метод сорбционного осушения позволяет искусственно создать воздух с параметрами с зимними параметрами по абсолютной влажности непосредственно после уборки урожая.

Из-за высокой **влажности** и жары, опасность порчи зерновых особенно высока в зонах с тропическим климатом. Поэтому в таких зонах особенно важно применять консервирование охлаждением. Особенности структуры и поверхности зерна, а также его низкая теплопроводность являются наилучшими предпосылками для осушения. Далее в этой статье преимущества использования этой технологии описаны более подробно.

Уменьшение потерь сухой массы

Часто, цикл охлаждения зерна проводится в период затяжных дождей, то относительная влажность воздуха возрастает выше критического уровня и создается опасность увлажнения хранимого зерна влагой из воздуха. Такая ситуация часто складывается в Украине в уборочный период.

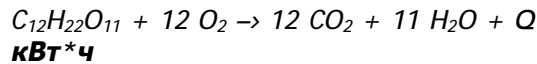
Поэтому, в силосах и бункерах возникает ряд проблем, обусловленных неконтролируемой влажностью. Одна из таких проблем – образование конденсата на внутренних поверхностях стен и крыши. Это происходит, когда температура этих поверхностей опускается ниже температуры точки росы.

Так как силосы можно поделить на две категории: с активным вентилированием, и полностью герметичные. Осушители «Munters» актуально и необходимо использовать, в силосах с активным вентилированием, так как в этом случае имеет место приток воздуха извне.

Поддержание низкой влажности в силосе необходимо тогда, так как, когда в силос засыпается зерно различной температуры и влажности (например, собранное при разной температуре или зерно разных партий). Тогда, на границе слоев с разными температурами, возможно местное повышение относительной влажности, из-за конденсации влаги на поверхности холодного зерна. А это способствует интенсивному развитию микроорганизмов, плесени, насекомых-вредителей, из-за

бурного развития которых, происходит резкое очаговое повышение температуры, вплоть до процесса **самовозгорания** и безвозвратной порчи зерна.

Процесс созревания зерна достигает своего пика к моменту уборки урожая. Но и после уборки зерно продолжает дозревать, оно дышит. При этом углеводы под воздействием кислорода разлагаются с выделением тепла на углекислый газ и воду. Ниже приведена химическая формула этого процесса:

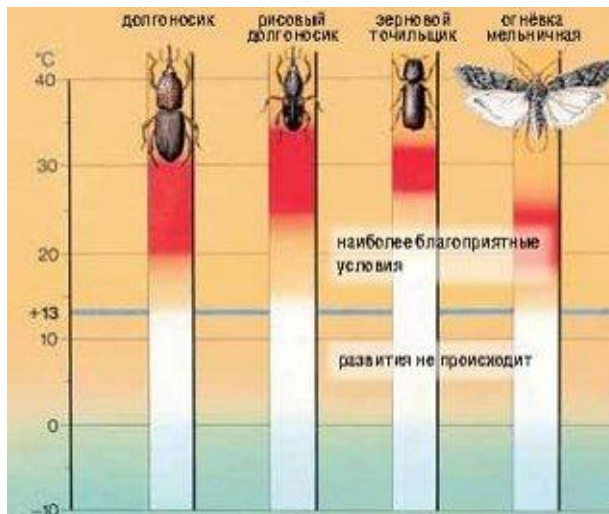


углеводы + кислород → углекислый газ + вода + тепло

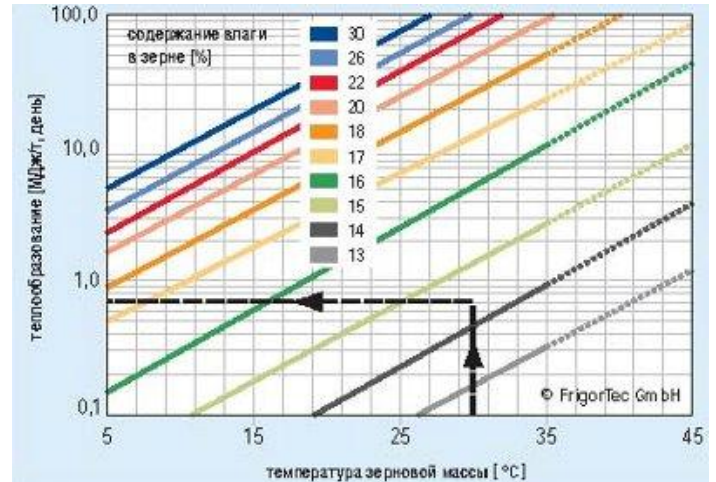
На рисунке внизу показана диаграмма зависимости выделения тепла от температуры и влажности зерна. Это позволит оценить значение теплообразования урожая при хранении.

Из диаграммы видно, что чем меньше температура и влажность продукта то и значение теплообразования меньше.

Как избежать ухудшения качества из-за насекомых-вредителей



Если же температура и влажность благоприятны для насекомых, возникают значительные потери от повреждения зерна вредителями и от загрязнения экскрементами. Эти потери растут из-за быстрого размножения насекомых при благоприятных условиях. Большинство жуков имеют очень короткий цикл развития - при идеальных условиях цикл воспроизводства долгоносика занимает всего лишь 25 дней.



На рисунке слева приведены некоторые виды наиболее распространенных насекомых-вредителей и оптимальные условия для их жизни и размножения. Некоторые вредители чаще встречаются в зонах с умеренным климатом, другие предпочитают тропические условия.

Охлаждение и осушение собранного урожая до температуры ниже 13°C и относительной влажности 50% позволяет эффективно предупреждать потери от повреждения насекомыми. При таких параметрах насекомые впадают в спячку и не наносят ущерба в зернохранилище.

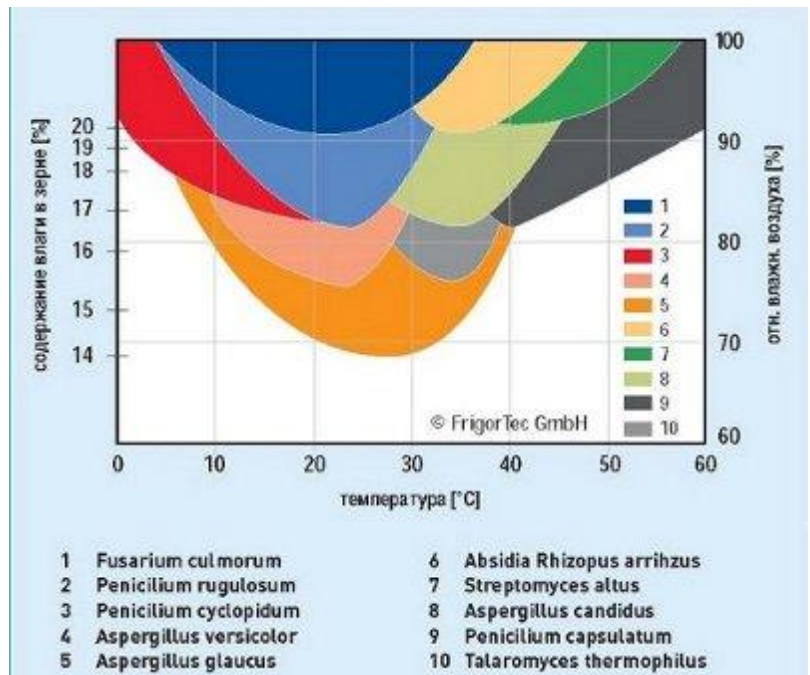


Предупреждение развития грибов

В зависимости от погоды и севооборота поражение посевом грибом *Fusarium* может возникать в определенной местности (регионе) с различной частотой и силой.

Кроме значительных экономических потерь, возникает опасность образования микотоксинов, которые ядовиты для людей и животных. Например, свиньи чувствительны к vomitоксину и зеараленону. Это выражается в уменьшении аппетита, пониженных привесах и ухудшении репродуктивной способности животных.

Развитие грибов и продуктов их жизнедеятельности - микотоксинов (например афлатоксина), ускоряется при повышенной **относительной влажности** и температуре. Вентилирование зерна осушенным воздухом останавливает эти процессы.



Экономия расходов на сушку

Пшеницу после уборки сушат, в зависимости от предназначения, до 14-16% влажности, в европейских странах обычно до 15%. Для этого в специальной сушильной установке разогревается воздух. Этот теплый воздух отбирает влагу у зерна и выводит ее в атмосферу. Требуемая для нормального хранения влажность кукурузы, риса и масличных культур ниже, чем для пшеницы.

Экономия при использовании постосушения в силосах или хранилищах обусловлена следующим:

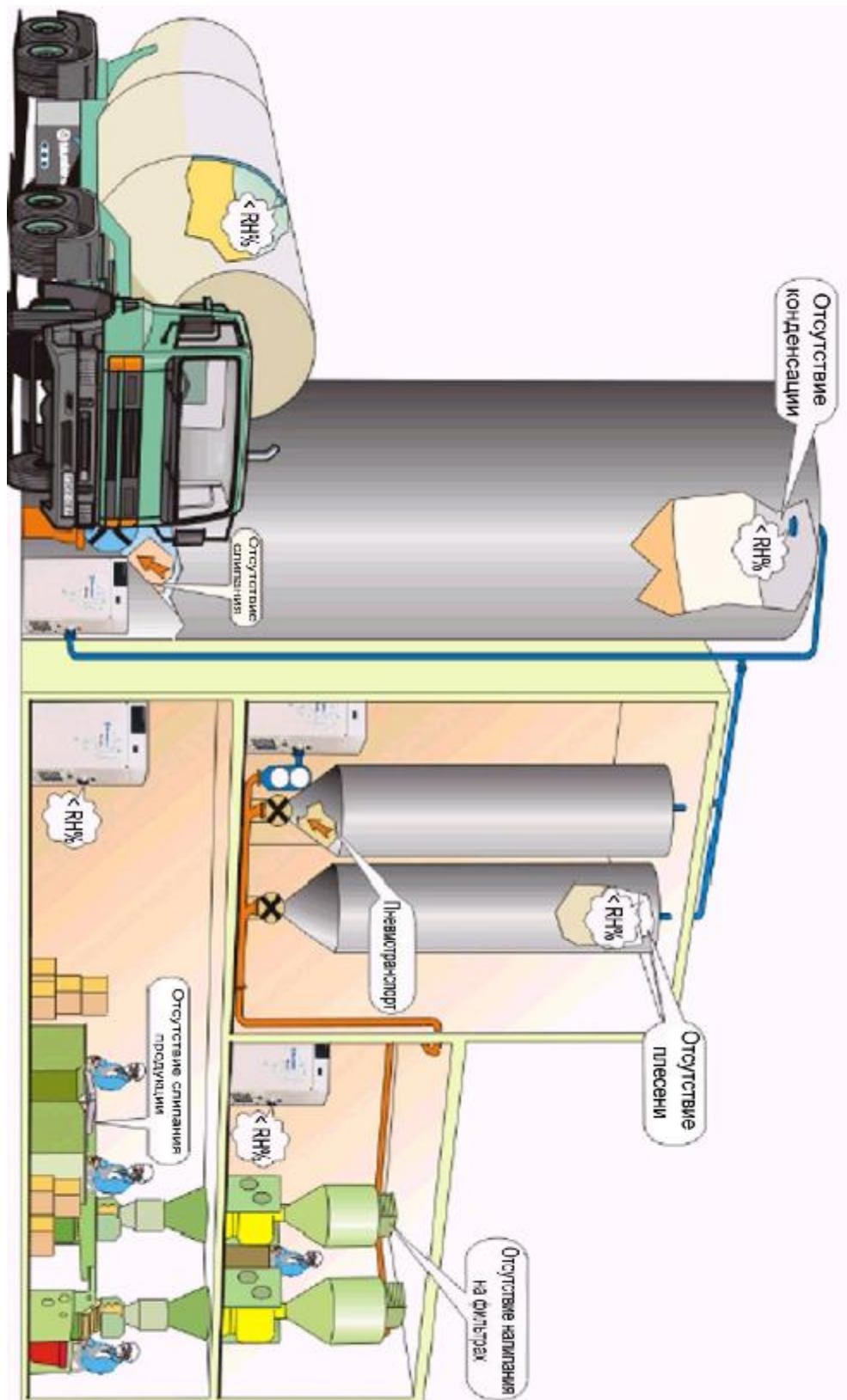
- Обдув сухим воздухом дополнительно просушивает зерно. Оно снижает влажность зерна еще на 0,5–1,5 %. При высокой влажности зерна (более 18%), эффект дополнительной просушки сильнее, чем для сухого зерна (влажностью менее 14%).
- Время нахождения зерна в сушильной установке может быть сокращено за счет оптимизации сушки и охлаждения; при этом экономится энергия и повышается производительность сушки.
- Уменьшение времени и интенсивности сушки делает этот процесс более щадящим для зерна; возникает меньше трещин и повреждений зерен от сушки.

Технология

Вентилятор сорбционного осушителя всасывает атмосферный воздух. Этот воздух осушается с некоторым повышением температуры (вследствие выделения теплоты сорбции). Сухой теплый воздух подводится шлангом к воздушному распределителю хранилища и продувается через зерновую массу. Эта технология может применяться как в напольных хранилищах, так и в элеваторах силосного типа. Отработанный воздух через отверстия выходит в атмосферу, вынося с собой отобранную у зерна влагу и тепло.

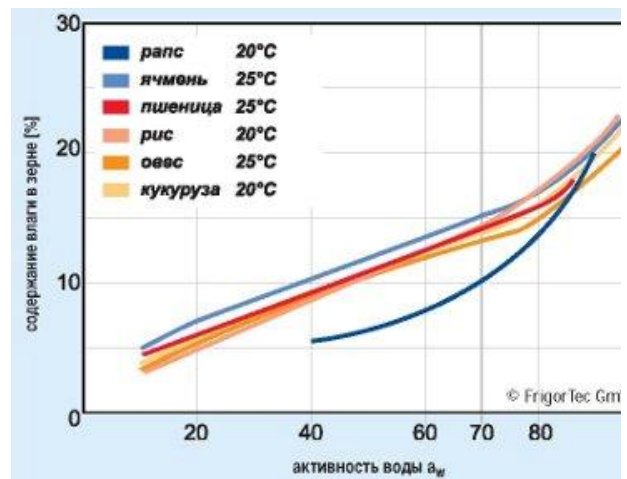
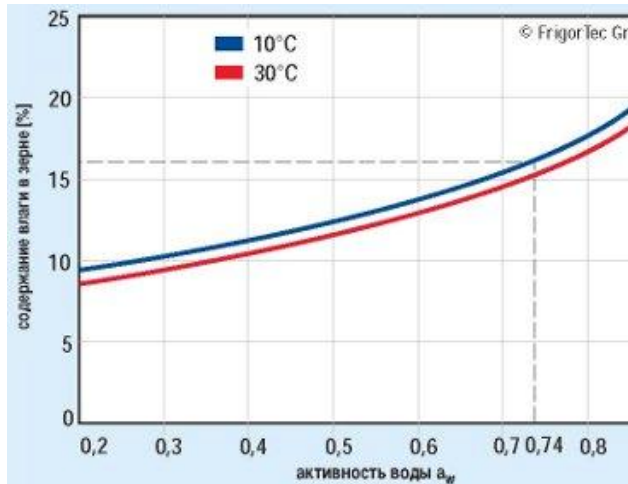
Опасности вентиляции не кондиционированным атмосферным воздухом

Между содержанием влаги в зерне и относительной влажностью воздуха устанавливается равновесие, зависящее от температуры. Эта зависимость описывается изотермой сорбции. Зерна злаков гигроскопичны. Если на сухое зерно подается влажный воздух, оно увлажняется и со временем портится. Поэтому аэрация атмосферным воздухом допустима только при определенных погодных условиях. Технология сорбционного осушения не зависит от погодных условий. Установку можно применять даже в дождь или туман без риска увлажнения зерна.



Баланс влажности зерна и воздуха

На нижнем рисунке слева показаны изотермы сорбции для пшеницы при различных температурах зерна (на правом рисунке дан больший набор культур). Приведенный пример для пшеницы показывает, что при содержании влаги в зерне равной 16%, активность воды между зернами составляет примерно $a_w 0,74$. Если в такой ситуации будет подаваться воздух с более высокой относительной влажностью, это приведет к увлажнению зерна. Результатом станет его порча. Увлажнение будет еще более сильным, если температура подаваемого воздуха выше температуры зерна.



В связи с этим существуют правила для всех видов зерновых:

Никогда не подавать влажный воздух на сухое зерно!

Никогда не подавать теплый воздух на более холодное зерно!

Оптимальные параметры хранения

В любом случае, всегда полезно посоветоваться со специалистами по хранению зерна, чтобы они дали рекомендации по вентилированию зерна. Так, исходя из среднегодовых значений температуры и относительной влажности воздуха в дневное и вечернее время, можно рекомендовать оператору зернохранилища, находящегося в южных регионах Украины (Крымская, Одесская, Николаевская, Кировоградская, Херсонская и Запорожская области), устанавливать на 25-30°C сразу после уборки урожая. Как только первый цикл вентилирования - охлаждения будет завершен, поддерживать 15-20°C для выполнения второго цикла охлаждения, и на 5-7°C - для третьего цикла. В любом случае, используемый для аэрации воздух должен быть прохладнее температуры зерновой массы на 10-15°, так как воздух, проходя через вентилятор, нагревается на 3-4°C, а также подаваться с требуемой относительной влажностью.

Область применения

Сорбционное осушение применимо как в напольных хранилищах, так и в элеваторах силосного типа. Важным моментом является правильное распределение воздуха. Технология позволяет осушать все сыпучие сельскохозяйственные культуры - к примеру, пшеницу, пивоваренный ячмень, рапс, кукурузу, рис, рис-сырец, соевые бобы, семена подсолнечника, арахис и т.д.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ К ХРАНЕНИЮ РАЗЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

Из-за многообразия сельскохозяйственных продуктов, ниже кратко описаны только главные области применения.

Рис/рис-сырец (нешелушеное зерно)

Рис является основным продуктом питания для многих миллионов людей. Известно 8000 различных сортов риса. Они подразделяются на длиннозерный, среднезерный и круглозерный типы. Для всех сортов риса справедливо одно - это легко повреждаемый товар.

Рис надо сушить в особенно щадящем режиме - предпочтительно в несколько этапов. Если сушку комбинировать с охлаждением, то можно сократить сушку на один – три этапа. Кроме известных и уже описанных преимуществ, консервация осушением и охлаждением риса/риса-сырца имеет дополнительные преимущества. Многочисленные исследования в Азии и Центральной Америке однозначно показали, что осушенный и охлажденный рис почти совсем не желтеет и меньше ломается. Консервация сухим воздухом повышает долю целых рисовых зерен (head rice) примерно на 3%. При обычном хранении рис приобретает через некоторое время затхлый запах. С рисом, консервированным осушением и охлаждением, этого не происходит. Эти преимущества существенны для сохранения качества риса и, в итоге, повышения цены продажи товара.

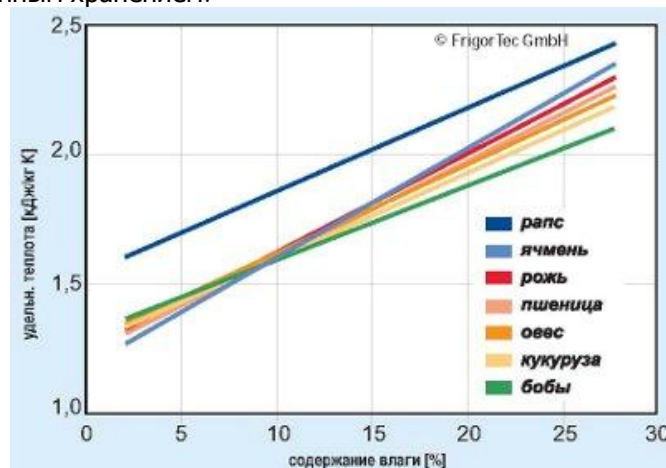
Семена рапса

Хранение рапса связано с определенными трудностями, даже при низком содержании влаги (порядка 9%). В недавно убранном рапсе содержатся остатки стручков и стеблей, а также семена полевых трав. В процессе обмолота может произойти небольшое увлажнение зерен рапса от контакта с влажными частями растения. Во время уборки урожая часто происходит загрязнение микроорганизмами. Уже за одни сутки могут начаться процессы самосогревания и рапс может приобрести затхлый запах из-за микробиологического разложения. Такая среда является наиболее благоприятной для развития грибков. Поэтому обычно рапс подвергают предварительной очистке. Поскольку это не предотвращает полностью развитие грибков, необходимо вентилировать рапс воздухом <60% RH. При таких параметрах погибают грибки и иные микроорганизмы.

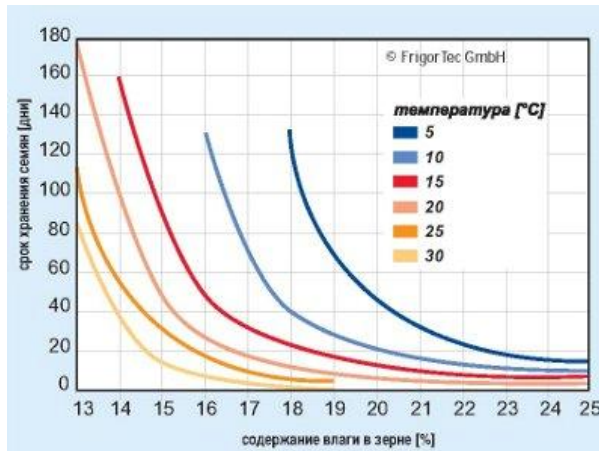
Хранение не должно сказываться на качестве рапса как сырья для производства масла. При повышенной температуре и влажности хранения происходит расщепление масла с образованием свободных жирных кислот. Выделяющуюся при этом влагу и тепло необходимо отводить. Из этого следует необходимость постоянного контроля за хранимыми рапсом и принимать меры для его осушения и охлаждения. Плотность насыпи рапса выше, чем, например, у пшеницы, из-за меньшего размера зерен. Поэтому падение давления воздуха, проходящего через насыпь рапса, выше, чем у других зерновых. Это необходимо учитывать при выборе осушителя воздуха.

Семена масличных

Из-за высокого содержания масла и жиров в семенах подсолнечника, арахисе, семенах хлопка, соевых бобах, рапсе, кукурузе и т. д., выделение тепла усиливается вследствие процесса окисления. Это приводит к значительному снижению качества и спеканию хранимых продуктов. Кроме того, из-за увеличения доли свободных жирных кислот происходят потери качества и сухой массы. Консервация осушенным воздухом позволяет поддерживать влажность на 1-3% выше по сравнению с традиционным хранением.



Семенной материал / пивоваренный ячмень



При хранении посевного материала и ячменя для пивоварения главным вопросом является сохранение всхожести. Показатель всхожести семян с содержанием влаги от 15 до 16% и хранившихся с охлаждением значительно превышает соответствующий показатель более сухих, но хранившихся в условиях атмосферного воздуха семян.

На рисунке слева показана зависимость допустимого срока хранения семян от температуры и влажности. Этот график базируется на исходной всхожести и, поэтому, справедлив как для семенного материала, так и для пивоваренного ячменя. Своевременное осушение ячменя либо семян значительно продлевает допустимый срок хранения и уменьшает период покоя при прорастании.

Гранулированный корм

Гранулированный корм обычно охлаждается атмосферным воздухом в охладителях для гранулата. При этом гранулы с большим диаметром не охлаждаются полностью. Из-за внутренних напряжений возникают трещины, которые ведут к увеличению доли мучки и битых гранул и, соответственно, к снижению качества. Применение технологии сорбционного осушения, позволяет осушать хранимые гранулы равномерно и полностью, до самой сердцевинки. После этого гранулы становятся очень твердыми и менее ломкими. Это ускоряет процесс разгрузки/погрузки.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДУХА

Осушение в силосе

При осушении сыпучих грузов очень важное значение имеет правильное распределение воздуха. В силосах с плоским основанием хорошо зарекомендовал себя перфорированный пол. В силосах с выпускным конусом применяются для охлаждения балки из кантованного стального листа. Вентиляционные балки открыты снизу и затянуты сеткой на 1/4 длины. Это предупреждает завихрение зерен. Сухой воздух подается по трубе от установки к вентиляционным балкам. Через направленную вниз открытую сторону балки холодный воздух попадает в насыпь зерна.

Так как насыпь зерна создает сопротивление движению воздуха, сухой воздух распределяется по всему сечению насыпи и проходит сквозь насыпь наверх. Чтобы нагретый воздух мог выходить в атмосферу, под крышей силоса должно быть достаточно отверстий. Также необходимо учитывать падение давления при прохождении воздуха через большой слой зерна в высоких силосах. Это необходимо учитывать при согласовании мощности вентилятора осушителя и области его применения. При этом надо принимать во внимание, что падение давления при прохождении насыпи рапса в три-четыре раза выше, чем у пшеницы.

Охлаждение в напольном хранилище / амбаре

В плосконасыпных хранилищах обычно на полу прокладываются вентиляционные каналы полукруглого сечения из перфорированной стали. Если каналы заглублены в полу, то они накрываются перфорированными стальными листами. Важно предусмотреть удобство очистки и минимизировать количество ниш и стыков, где могут скапливаться загрязнения. Преимуществом прокладки вентиляционных каналов ниже уровня поля является возможность использовать транспортные средства внутри хранилища. Это значительно облегчает разгрузку. Отдельные каналы объединяются внутри или вне здания собирательным каналом или выходят наружу каждый по отдельности.

Расстояние между вентиляционными каналами не должно превышать высоту насыпки, а расстояние от канала до стены хранилища не должно превышать половины высоты насыпки. Если насыпь имеет конусообразную форму, это необходимо компенсировать варьирующейся частотой перфорации, или надо прикрывать поверхность насыпи, иначе холодный воздух будет выходить по пути наименьшего сопротивления, и верхушка насыпного конуса не будет охлаждаться. Наилучшим решением было бы распределение хранимого зерна без насыпного конуса.