A wide-angle photograph of a vast wheat field under a dramatic sky. The foreground is filled with tall, green wheat stalks, some showing signs of ripening. The field extends to a distant horizon where low mountains are visible under a sky with large, white, fluffy clouds and patches of blue.

# GRANIFRIGOR™ – Технология бережной консервации зерна методом охлаждения

Автор: Ральф Е. Кольб

[www.frigortec.com](http://www.frigortec.com)





© FrigorTec GmbH

1 GRANIFRIGOR™ – техника охлаждения, применяемая в стальных силосах для охлаждения зерна

## Технология GRANIFRIGOR™ – бережная консервация зерна методом охлаждения

Зерно – это один из важнейших основных продуктов питания человека, для выращивания и сбора которого привлекаются обширные ресурсы. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), в мире ежегодно портится около 20 % собранных зерновых. Причины столь широкомасштабных потерь большей частью заключаются в жизнедеятельности насекомых-вредителей и поражении плесневыми грибами. Технология GRANIFRIGOR™ – консервация методом охлаждения – эффективно решает эту проблему. При помощи этой технологии во всем мире консервируются миллионы тонн зерновых, масличных культур, риса, кукурузы и прочих злаков (Рис. 1).



### Преимущества консервации методом охлаждения

Дыхание и вызванное им самосогревание – причина потерь свежесобранного зерна. Этот процесс связан с влажностью и температурой зерна. Чем они выше, тем интенсивнее дыхание.

Последствиями самосогревания являются потери субстанции, а также развитие насекомых и плесневых грибов. Известно, что в умеренных климатических зонах в холодные времена года происходит гораздо меньше потерь при складировании, чем в летние месяцы. Консервация методом охлаждения создает условия зимнего климата непосредственно после сбора урожая. В тропических регионах особенно высок риск порчи урожая от жары и влаги, поэтому там консервация методом охлаждения играет особо важную роль.

Структура и форма оболочки зерновых злаков, а также их низкая теплопроводность, – идеальные предпосылки к охлажде-

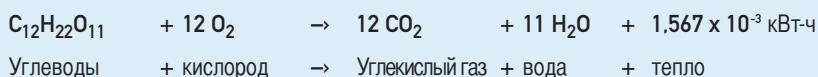
нию. Однажды охлажденное зерно долго хранит свою температуру. Консервация методом охлаждения по технологии GRANIFRIGOR™ имеет массу преимуществ (1) для пользователей, подробное описание которых приведено ниже.

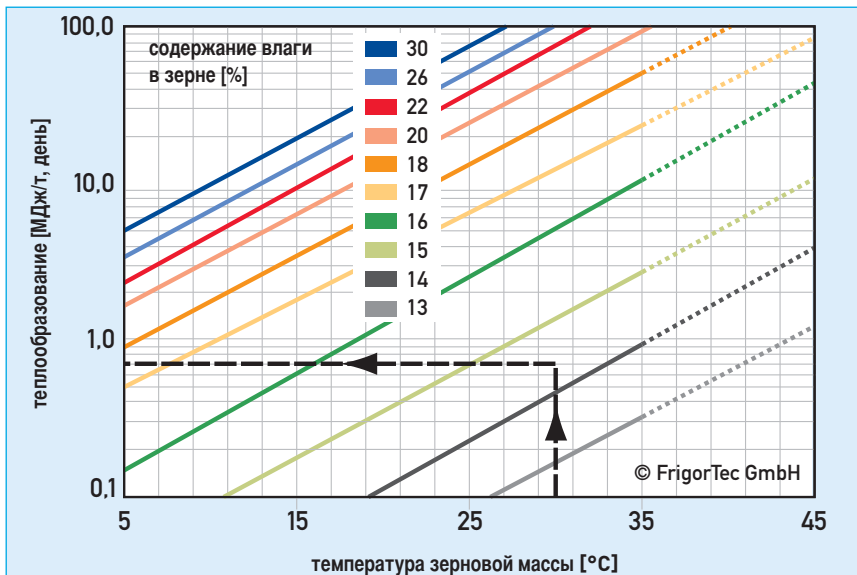
### Уменьшение потерь сухого вещества

Созревание урожая – это кульминация процесса развития зерновых. Но и после сбора урожая зерно продолжает жить и дышать. При дыхании вследствие поглощения кислорода углеводы расщепляются и превращаются в углекислый газ, воду и тепло, в результате чего происходит потеря сухого вещества. Суммированная формула данного химического процесса приведена ниже.

Рисунок 2 иллюстрирует распространение тепла в зависимости от температуры и влажности зерна. В действительности эти факторы определяют степень потери сухого вещества хранимого урожая.

Дыхание зерна – суммированная формула химического процесса:





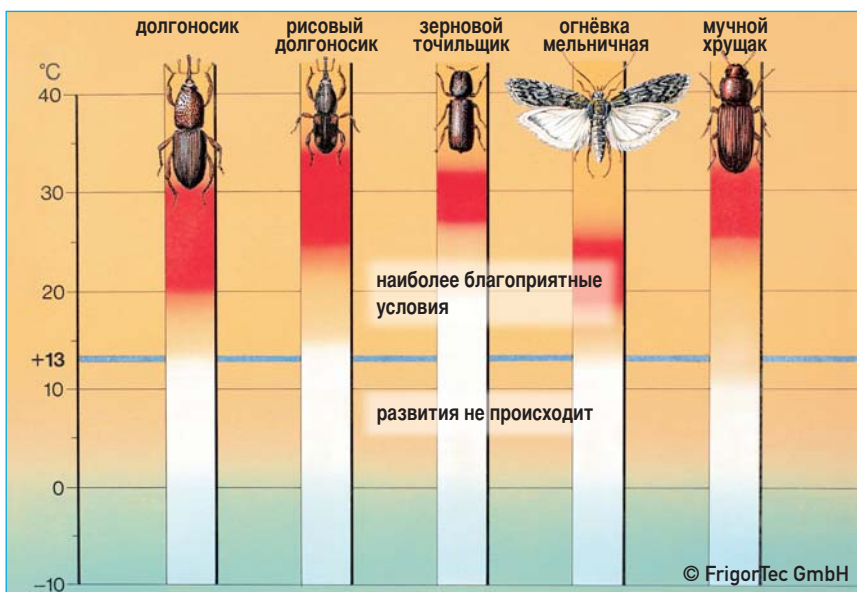
2 Распространение тепла при зернохранении, модификация по Jouin (2)

Примерный расчет потерь сухого вещества в результате дыхания		
<b>Исходные данные</b>		
Сорт зерна	Пшеница	
Влажность зерна	14,5 %	
Температура зерна	30 °С *	
Стоимость зерна	200 евро/т	
Продолжительность хранения	4 месяца	
Складируемое количество	10.000 т	
<b>Формула</b>		
Потеря сухого вещества (т) =	$\frac{\text{Распространение тепла [МДж/т, дней]} \times \text{Продолжительность складирования [дней]} \times \text{Складируемое количество [т]}}{15.000 \text{ [МДж/т]}}$	
<b>Результат</b>		
	Потеря сухого вещества [т]	Убытки/Стоимость [евро]
Без охлаждения, 30 °С **	64	12.800
Без охлаждения, 25 °С	32	6.400
С охлаждением, 10 °С	малозначительная ( $\leq 1$ )	1.800 расход электроэнергии***

\* После сушки либо летом, непосредственно после сборки

\*\* См. рис. 2

\*\*\* Предположения: 4,5 kWh/t потребления электроэнергии при 0,04 EUR/kВт·ч расходов на электроэнергию



3 Развитие релевантных видов насекомых в зависимости от температуры

### Предотвращение потерь объема и качества вследствие жизнедеятельности насекомых

Первоначально консервация методом охлаждения использовалась для влажного зерна до сушки. Однако, в настоящее время чаще охлаждают сухое зерно, чем влажное – главным образом, в целях защиты от распространения насекомых и поражений, вызванных ими. На рис. 3 изображены некоторые наиболее распространенные виды насекомых-вредителей, а также оптимальные условия их жизни и развития. Некоторые вредители предпочитают умеренный климат, в то время как идеальными условиями жизнедеятельности других являются зоны тропического климата.

Потери, вызванных поеданием насекомыми, возможно эффективно избежать при охлаждении урожая до температуры ниже 13 °С. При соответствующих низких температурах насекомые впадают в зимнюю спячку и не приносят вреда складированному зерну.

Если же насекомым удастся найти более оптимальные условия температуры и влажности, то из-за поедания и выделения экскрементов возникают существенные потери. Проблема постоянно обостряется, так как в оптимальных для себя условиях насекомые стремительно размножаются (Рис. 4). У большинства видов жуков крайне короткий цикл развития: так, например, у долгоносика при идеальных условиях уже в течение 25 дней проходит полный цикл развития.

### Охлаждение без химических защитных мер

Химическая обработка зерна уже сегодня в значительной степени контролируется официальными инстанциями. Химические субстанции, необходимые для газации, влекут за собой существенные расходы и сложную процедуру. Также следует учитывать, что часто применяемый для газации бромистый метил с 2005 г. запрещен во многих странах.

### Профилактика плесневых грибов

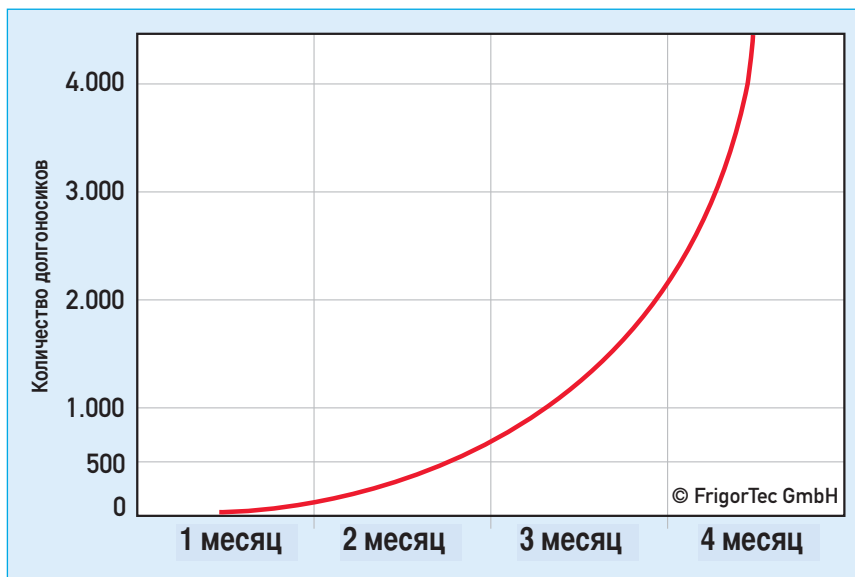
В зависимости от климатических условий и севооборота региональные поля зерновых могут быть в различной степени поражены фузариозом (4). Помимо существенного финансового ущерба существует опасность возникновения микотоксинов. Микотоксины способны отравлять как людей, так и животных. Например, свиньи чувствительны к деоксиниваленолу (DON) и цеараленону (ZEA). Последствиями являются снижение аппетита, торможение роста или нарушения фертильности.

Благоприятным условием для развития плесневых грибов и их микотоксинов, в частности, афлатоксина, в числе прочего является тепло. Охлаждение зерна по технологии GRANIFRIGOR™ предотвращает это развитие (Рис. 5).

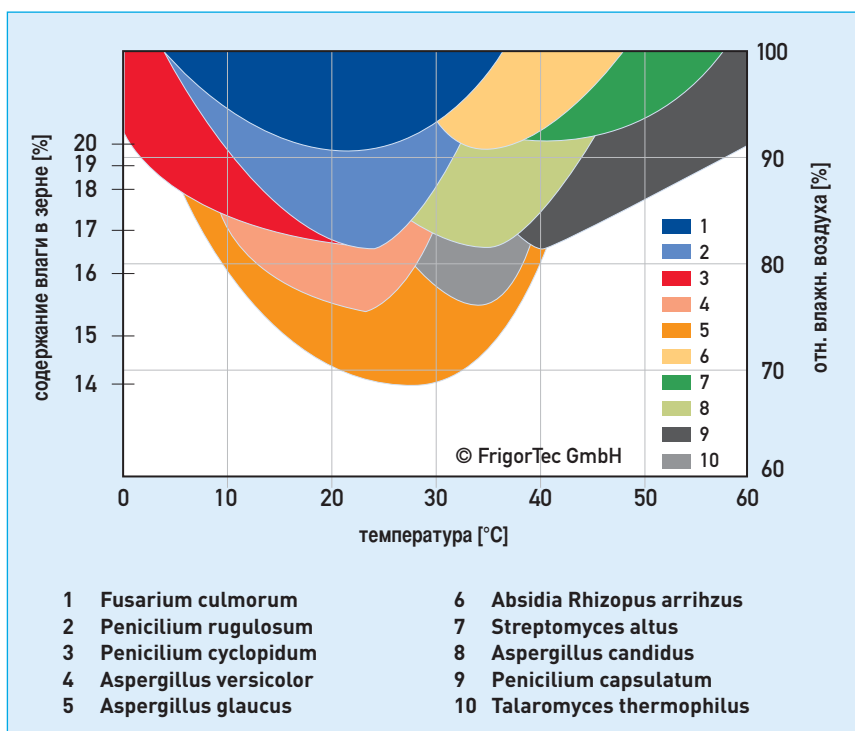
### Экономия расходов на сушку

Пшеница, собранная влажной, в зависимости от дальнейшего использования высушивается до содержания влаги 14–16 %, в Германии, как правило, до 15 % (6). При этом в специальной сушильной установке нагревается циркулирующий воздух. Этот теплый воздух экстрагирует влагу из зерна и выводит его наружу. Оптимальное содержание влаги в кукурузе, рисе или масличных культурах ниже, чем в пшенице.

Экономия при консервации методом охлаждения достигается при соблюдении следующих трех предпосылок:



4 Размножение долгоносика при оптимальных условиях (3)



5 Развитие различных организмов в зависимости от влаги и температуры (5)

- При каждой процедуре охлаждения возникает сопутствующий эффект просушки. Он дополнительно понижает влажность на 0,5–1,5 % на каждые 20 K охлаждения складированного зерна. При более высоком содержании влаги (> 18 % влаги) дополнительный эффект просушки может быть выше, в отличие от сухого зерна (< 14 % влаги), просушка которого столь незначительна, что может не приниматься во внимание.
- Чем меньше энергии воздействует на зерно, тем более деликатна сушка. В результате этого возникает меньше повреждений от напряжения.
- Время нахождения в сушке может быть сокращено при оптимизации сушки и охлаждения. Таким образом, экономится энергия и повышается мощность сушки.

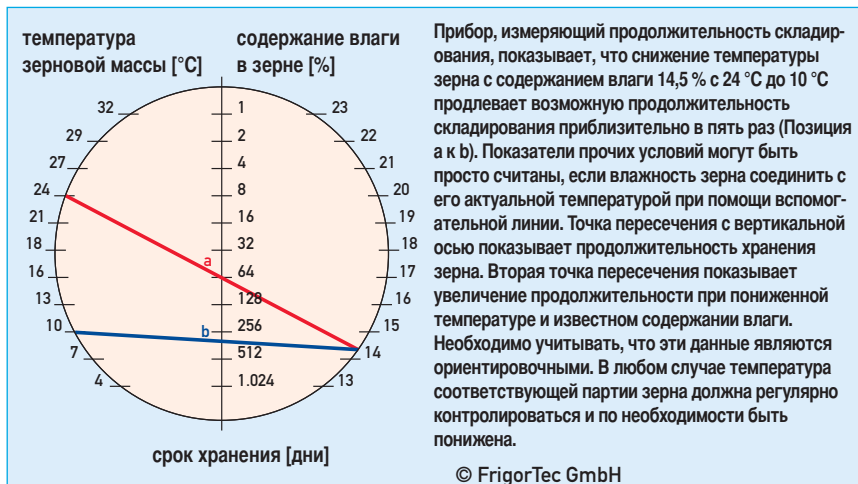


Таблица 1: Продолжительность складирования охлажденного зерна в зависимости от климатической зоны и содержания влаги

Климатическая зона	умеренная*	тропики**
Влажность [%]	[Месяцы]	[Месяцы]
12 – 15	8 – 12	6 – 8
15 – 17	6 – 10	3 – 5
17 – 19	4 – 6	1 – 2
19 – 21	1 – 4	0,5 – 1

\* Первоначальное охлаждение до 10 °С, в Европе

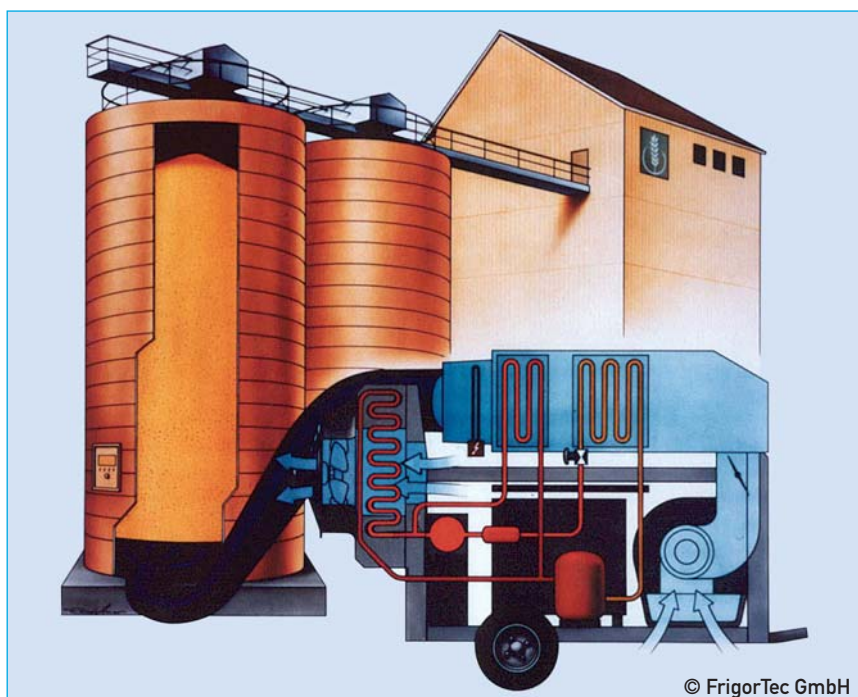
\*\* Первоначальное охлаждение до 15 °С, например, в Латинской Америке или Азии



6 Прибор, измеряющий продолжительность складирования зерна

Таблица 2: Энергозатраты на одnorазовое охлаждение зерна и масличных злаков

Средняя температура [°C]	10	15
Регион	Европа	Латинская Америка/Азия
Климатическая зона	умеренный климат	тропики
Потребность в электроэнергии в кВт·ч	3–6	8–12



7 Принцип работы холодильной установки зерна GRANIFRIGOR™

## Отсутствие потерь при перескладировании

При обычном складировании без охлаждения зачастую необходимо перескладирование. В результате перемешивания и связанного с ним интенсивного контакта с воздухом элиминируются тепловые точки. Также необходимо дополнительное свободное складское помещение (камера силоса), при этом при каждом перескладировании имеют место потери до 0,03 % общего количества. К этому добавляется энергозатраты на техническое обслуживание из расчета от 1 до 3 кВт·ч на тонну зерна. Зерно, охлажденное по технологии GRANIFRIGOR™ не требует перескладирования.

## Охлажденное зерно долго остается прохладным

В статическом состоянии насыпь зерна крайне медленно принимает энергию. Это является результатом изолирующего эффекта воздуха в промежуточных пространствах между зернами и малой контактной поверхности зерен. В связи с этим теплое зерно при низкой наружной температуре воздуха долго сохраняет тепло. Соответственно, на основании того же самого эффекта охлажденное зерно долго остается холодным. В таблице ? 1 показана продолжительность складирования в зависимости от содержания влаги. Рисунок 6 показывает расчет продолжительности складирования.

## Энергозатраты на консервацию методом охлаждения

Многочисленные преимущества консервации методом охлаждения влекут за собой и затраты. Помимо инвестиции в холодильную установку будет иметь место дополнительный расход электроэнергии, который зависит от наружной температуры, влажности воздуха и зерна, а также температуры зерна.

В таблице No 2 приведены опытные данные по потреблению энергии на одnorазовое охлаждение зерна и масличных злаков.

## Процедура

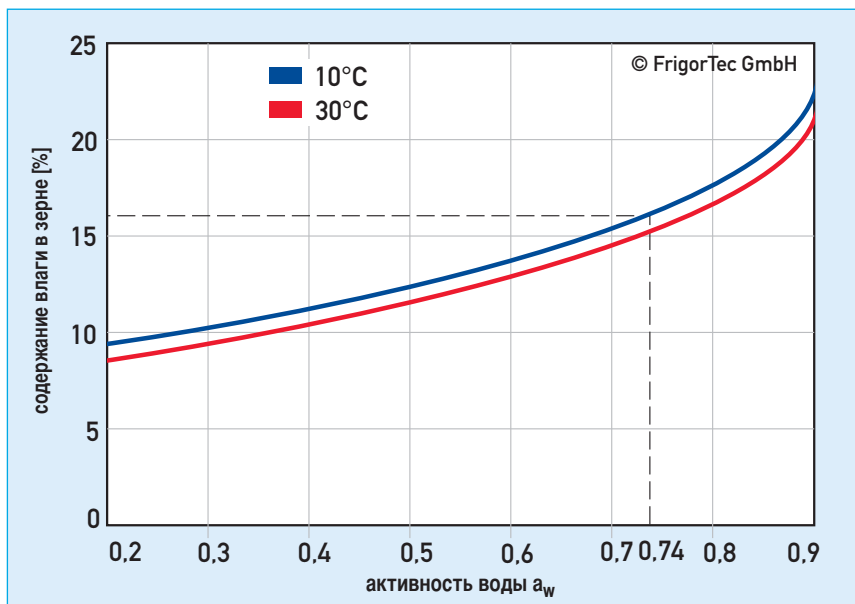
Воздуходувка охладительной установки GRANIFRIGOR™ втягивает атмосферный воздух (рис. 7). Этот воздух охлаждается до требуемой температуры в охладителе воздуха (испарителе). Также из него экстрагируется влага, образовавшаяся вода сепарируется. В устройстве HYGROTHERM™, подключенном впоследствии, нагревается холодный, влажный воздух. При этом снижается относительная влажность. Так как установка HYGROTHERM™ использует для нагревания энергию из круговорота охлаждения, при этом не возникает дополнительных расходов на энергию. Холодный и сухой воздух поступает в систему вентиляции склада через шланг и продувается через зерновую массу. Эта процедура может быть применена как в плосконасыпном хранилище, так и в силосе. Через вентиляционные отверстия хранилища поток воздуха снова попадает в атмосферу и выносит с собой экстрагированную из зерна влагу и тепло.

## Риски при проветривании некондиционированным атмосферным воздухом

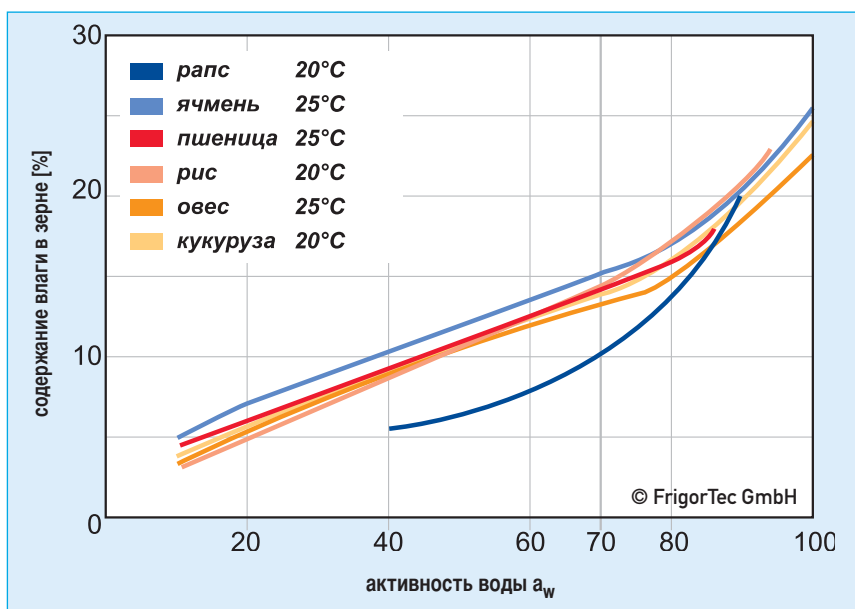
В зависимости от температуры между содержанием влаги в зерне и относительной влажностью атмосферного воздуха устанавливается равновесное состояние. Эту зависимость называют «изотерма сорбции». Зерна злаков гигроскопичны. Если влажный воздух имеет доступ к сухому зерну, возникают увлажнения, в результате чего портится зерно. В связи с этим проветривание необработанным атмосферным воздухом допустимо только при определенных климатических условиях. Принцип GRANIFRIGOR™ не зависит от погодных условий. И при дожде или тумане устройство работает без риска увлажнения.

## Баланс влажности зерна и воздуха

На рис. 8 изображены изотермы сорбции пшеницы при различных температурах зерен. На примере видно, что при 16 % влажности продукта активность воды между зернами составляет около  $a_w$  0,74. Если в данной ситуации произойдет подача воздуха более высокой влажности, то будет иметь место увлажнение, что неизбежно приведет к порче складированного продукта. К особо негативным последс-



8 Изотермы сорбции пшеницы при различных температурах зерна



9 Изотермы сорбции различных видов зерна и рапса

ствиям увлажнение может привести в случае, если температура воздуха выше, чем температура зерна.

## Выводы:

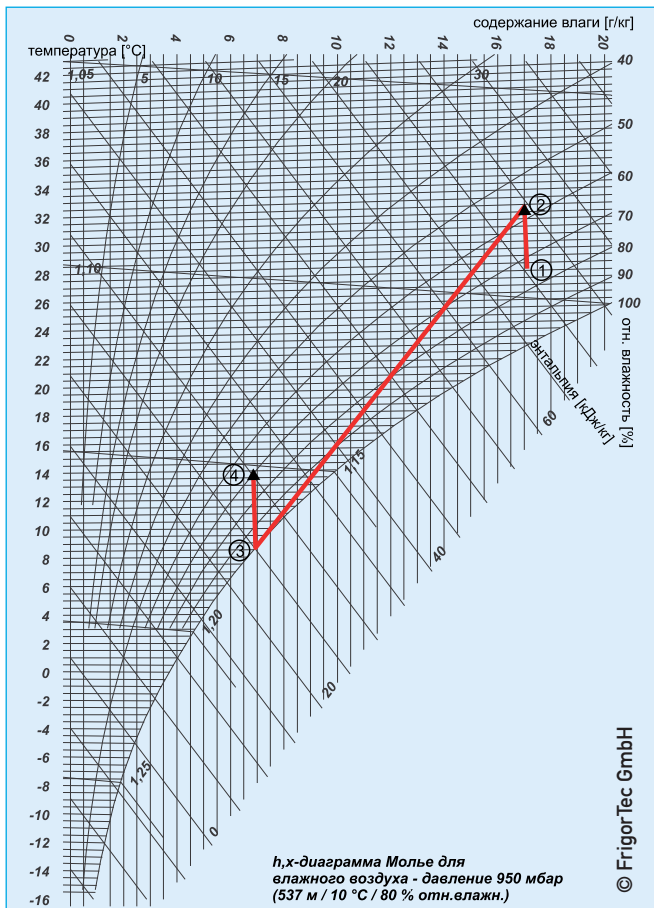
**Не допускать подачи влажного воздуха к сухому зерну!**

**Не допускать подачи теплого воздуха к более прохладному зерну!**

Данные принципы действуют для всех видов зерна в равной степени. На рис. 9 показаны изотермы сорбции различных видов зерна.

## Охлаждение и увлажнение воздуха по технологии GRANIFRIGOR™

Процесс охлаждения воздуха наглядно показывает i-d диаграмма Мольера (Рис. 10). Воздуходувка установки по охлаждению зерна GRANIFRIGOR™ втягивает атмосферный воздух (Рис. 10, пункт 1). Вентилятор нагревает этот воздух (Рис. 10, пункт 2). Затем воздух охлаждается в конденсаторе – охладителе воздуха – до желаемой температуры (Рис. 10, пункт 3). Одновременно из него абсорбируется влага. Вода выводится. Хотя абсолютное содержание воды понижается, относительная влажность воздуха повышается практически до



10 Принцип охлаждения зерна на основании i-d диаграммы Моельера (7)

Таблица 3: Критерии мониторинга экономичности консервации методом охлаждения

Критерий охлаждения	Обычные условия	Преимущества GRANIFRIGOR™
Потери сухого вещества (по Jouin)	высокие	низкие
Инвестиции в охлаждающую установку	–	Списание с баланса
Расход энергии на охлаждение (средние показатели)	–	3 – 5 кВт·ч (8 – 10 кВт·ч в тропиках)
Расход энергии на сушку	высокий	низкий, ввиду вторичного
Потери в результате пересушивания/циркуляции	0,03 %	нет
Потребление энергии при циркуляции	да	нет
Химическая обработка	по необходимости	нет
Повреждения зерна, вызванные нагреванием	понижение качества	нет
Качество/свежесть урожая	снижение цены	без снижения цены
Окислация маслосодержащих плодов (соевые зерна, кунжут, кукуруза, рапс)	снижение цены	нет снижения цены
Всхожесть посевного материала/пивоваренного ячменя	пониженная	высокая
Выход риса из сырья (полные зерна)	низкий	высокий
Пожелтение риса	понижение качества	нет

100 %. Для охлаждения зерна в устройстве **HYGROMAT™**, подключенном впоследствии, холодный, влажный воздух нагревается вновь (Рис. 10, пункт 4), чтобы понизить относительную влажность и предотвратить возникновение увлажнений в складированном материале. Последующее нагревание такого рода происходит при использовании

энергии, взятой из процесса охлаждения; при этом не возникает дополнительных расходов на энергию.

#### Оптимальная температура складирования

Охлаждение зерна ниже 13 °С должно произойти непосредственно после принятия

товара на склад. При прохладных температурах насекомые впадают в зимнюю спячку, их развитие и размножение останавливается. В то же самое время понижение складской температуры эффективно предотвращает возникновение плесневых грибов.

#### Максимальная экономичность

При охлаждении зерна по методу **GRANIFRIGOR™** минимизируются потери сухого вещества и предотвращаются потери качества в результате порчи насекомыми, а также развитие плесневых грибов. Качество зерна остается неизменным. Потребность в электроэнергии для сушки при использовании технологии **GRANIFRIGOR™** редуцируется, время сушки сокращается. Кроме того, не возникает расходов на химическую обработку запасов. Конкретный мониторинг экономичности, как правило, показывает время амортизации от 1 до 2 лет. В связи с этим инвестирование в установку **GRANIFRIGOR™** экономично. Релевантные критерии наблюдения за экономичностью сопоставлены в таблице No 3.

#### Области применения

Консервация методом охлаждения может быть в равной мере применена в силосах и плосконасыпных складах. При этом важно, чтобы циркуляция воздуха была налажена профессионально. По технологии **GRANIFRIGOR™** возможно охлаждение различных сыпучих материалов сельскохозяйственного комплекса, к которым относятся пшеница, пивоваренный ячмень, рапс, кукуруза, рис, кормовые (paddy), соя, зерна подсолнуха, ядро земляного ореха, семя хлопка, гранулированный корм, сорго, кунжут, льняное семя, плоды бобовых, картофель, семена трав, какао-бобы, кофейные бобы, орехи, рожь, полба и многое другое.

#### Применение консервации методом охлаждения

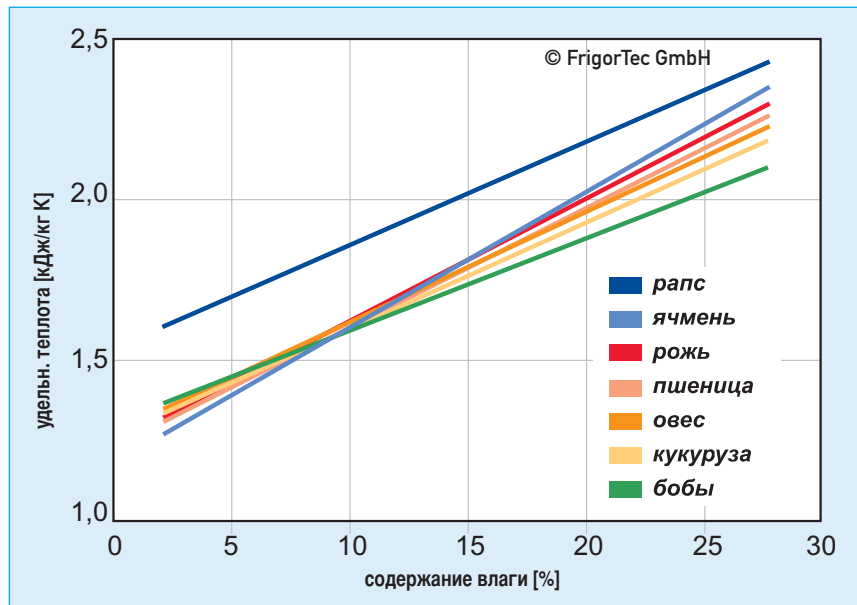
Ввиду широты спектра сельскохозяйственных продуктов ниже кратко описаны основные сферы применения метода.

### Рис/неочищенный рис (paddy)

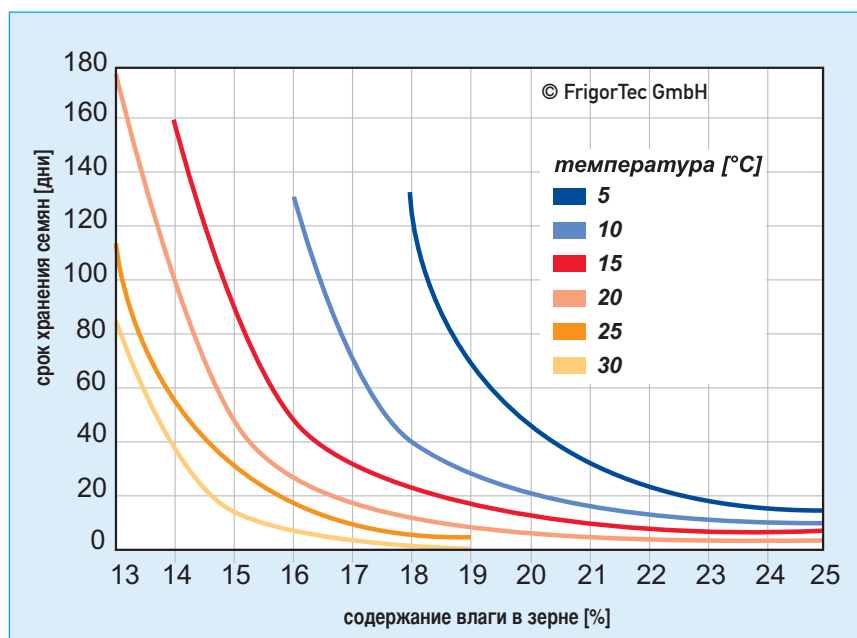
Рис является важнейшим продуктом питания для миллионов людей. В мире встречается 8 000 биологически различных сортов риса (8), которые как длинные, средние либо короткие. Всех они чувствительны к воздействиям окружающей среды. Сушка риса должна проводиться крайне бережно – преимущественно в несколько этапов. Если этапы сушки комбинируются с охлаждением, то возможно сэкономить от одной до трех сушек (9). Помимо известных и уже описанных преимуществ, консервация методом охлаждения риса/paddy имеет дополнительные преимущества. После нескольких часов обработки в Центральной Америке и Азии было установлено, что пожелтение охлажденного риса практически не наблюдается (10). Кроме того, охлажденный рис/paddy становится менее ломким. Выход готового продукта после консервации цельных рисовых зерен методом охлаждения (head rice) приблизительно на 3 % выше, чем без нее. После прохождения определенного времени, при обычном складировании рис приобретает заплесневелый запах. Этого не происходит, если рис законсервирован методом охлаждения. Все эти преимущества – важные аргументы для сохранения качества и, как следствие, достижения желаемой цены.

### Семена рапса (rapeseed)

Хранение рапса является принципиально сложным процессом, даже при низком содержании влаги (около 9 %). В убранным рапсе содержится повышенное количество частиц стручков и стеблей, а также семян пашенных сорных растений. В процессе обмолота может произойти незначительное повышение влажности семян рапса в результате контакта с влажными частями растений. Во время сбора урожая часто происходит контаминация микроорганизмами. Уже одной ночи достаточно для существенного нагревания и появления затхлого запаха, вызванного микробиологическими процессами. Такая среда является идеальной для роста плесневых грибов. Поэтому предварительная очистка рапса должна быть как можно более тщательной. Но, т. к. образование плесневых грибов может происходить не смотря



11 Теплообразование при хранении рапса.



12 Допустимый срок хранения посевного зерна по Avena (13)

на очистку, рапс должен быть охлажден до температуры 10 °C. Благодаря этому число спор плесени значительно уменьшается. При хранении рапс должен сохранять качества, необходимые для производства масла. Масла расщепляются при образовании свободных жирных кислот в условиях повышающейся температуры хранения и влажности. Вода, образующаяся в результате реакции и выделяющееся при этом тепло должны быть немедленно отведены. Отсюда вытекает необходимость наблюдения за семенами и охлаждения насыпей рапса. Плотность укладки семенной массы

рапса выше, чем у пшеницы. Поэтому давление воздуха, проходящего через насыпь рапса, падает больше, чем в случае с другими зерновыми. Это необходимо учитывать при проектировании охлаждающего устройства. Из-за высокого содержания липидов (жиров), рапс связывает меньше влаги, чем другие зерновые культуры (12). Потеря сухого вещества рапса в результате дыхания составляет около 70% потерь всех зерновых, но при этом, тепла выделяется приблизительно на 33% больше. На рисунке 11 видно, что самонагревание рапса



неизбежно. Удельное теплообразование рапса выше, чем у других видов зерновых. Поэтому температура хранения данной культуры должна быть значительно ниже 15 °С. Если содержание жирных кислот в рапсе намного больше нормы, составляющей 1%, то возникают проблемы при дроблении рапса. Образование свободных жирных кислот происходит в результате хранения рапса при чересчур высокой температуре.

### Масличные культуры

Из-за высокого содержания масла и жира в семенах подсолнечника, арахиса, хлопка, сои, рапса, кукурузы и т. д. теплообразование вследствие окисления происходит более интенсивно. Последствиями данного процесса являются значительная потеря качества и спекание хранимого продукта. Кроме того, увеличение содержания свободных жирных кислот приводит к потерям качества и массы. С помощью консервирования методом охлаждения существует возможность поддержания влажности на 1-3 % выше, чем при традиционном хранении.

### Посевной материал/пивоваренный ячмень

При хранении посевного материала и пивоваренного ячменя приоритетом

является сохранение способности к прорастанию. В охлажденном посевном зерне с влажностью от 15 до 16% среднее содержание ростков значительно выше, чем в очень сухом, но хранимом в тепле зерне.

На рисунке 12 представлен допустимый срок хранения посевного зерна в зависимости от температуры и влажности. Рисунок основан на изначальной способности к прорастанию и поэтому имеет одинаковое значение как для посевного зерна, так и для пивоваренного ячменя. В результате своевременного охлаждения ячменя или посевного материала до защитной температуры 10-12 °С возможный срок хранения значительно увеличивается, а срок нахождения зерна в состоянии покоя уменьшается.

### Кукуруза

Из-за содержания масла и жира кукуруза предрасположена к быстрому нагреванию. Это также касается кукурузы, которая во избежание риска высушивается до содержания влаги 12-13%. Данный традиционный метод является крайне энергоемким и дорогостоящим, сопровождается потерей качества и веса, а для охлажденного зерна нет необходимости в его применении.



Например, университетами г. Хоенхайма/Германия и штата Мичиган/США было доказано, что при тепловой сушке кукурузы на зерно с содержанием влаги ниже 17% происходит наибольшая потеря качества (14). Подобных проблем можно эффективно избежать в результате применения консервации методом охлаждения.

### Гранулированный корм

Гранулированный корм охлаждается в охладительных установках для гранулата с помощью неподготовленного наружного воздуха. При этом гранулы большого диаметра не охлаждаются до сердцевины. Они могут растрескиваться, что приводит к повышенному содержанию муки и шрота и, тем самым, к снижению качества. С применением технологии GRANIFRIGOR™ хранимый гранулат охлаждается равномерно до ядра. Гранулы становятся очень твердыми, уменьшается количество потрескавшихся гранул. В результате улучшается сыпучесть зерна.



© FrigoTec GmbH

## Распределение воздуха

### Охлаждение в силосе

При охлаждении сыпучих материалов большое значение имеет хорошее распределение воздуха. В силосах с плоским основанием хорошо зарекомендовал себя перфорированный пол. В силосах с выпускным конусом применяются охлаждающие балки из кантованного стального листа.

Охлаждающие балки открыты снизу и на ? длины отделаны проволочной сеткой. Это позволяет предотвратить завихрение зерен. Через трубопровод холодный воздух подается от установки GRANIFRIGOR™ в охлаждающие балки. Через отверстие в нижней стенке балки холодный воздух поступает в зерновую насыпь (Рис. 13).

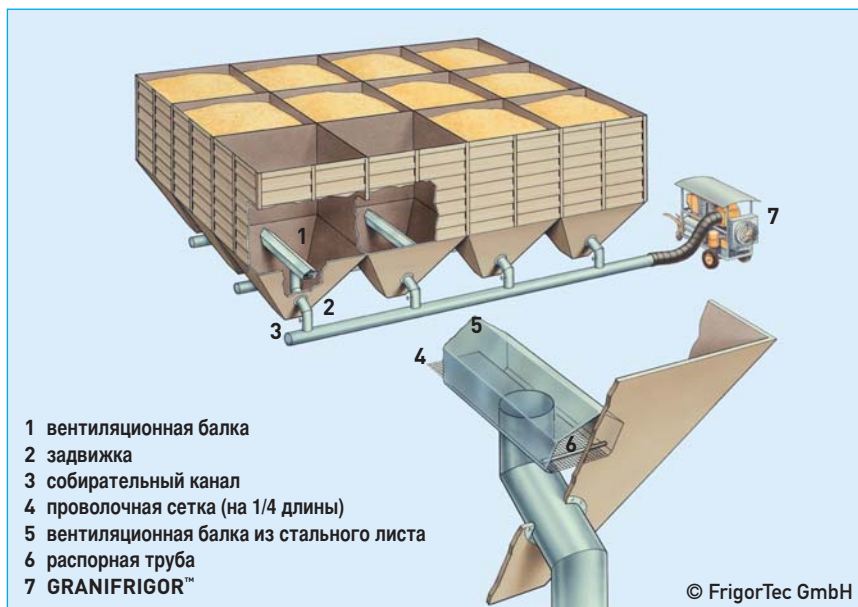
Благодаря сопротивлению зерновой насыпи холодный воздух распределяется по всему поперечному сечению насыпи и проходит сквозь нее наверх. Чтобы отработанный теплый воздух из насыпи выходил наружу, в крыше силоса должно быть достаточное количество отверстий. Осенью при соответствующих метеорологических условиях возможно образование конденсата. В целях предупреждения образования конденсата возможна изоляция крыши силоса или установка вытяжного вентилятора. Вытяжной вентилятор является, как правило, самым приемлемым решением проблемы. Вентилятор должен перемещать соответственно большое количество воздуха при низком давлении. В высоких силосных установках необходимо учитывать потерю давления в продуваемой насыпи. Вентилятор охлаждающей установки и область его применения необходимо настраивать в соответствии с данными условиями.

При этом нужно учитывать, что, например, рапс провоцирует в 3-4 раза большую потерю давления циркулирующего воздуха, чем пшеница.

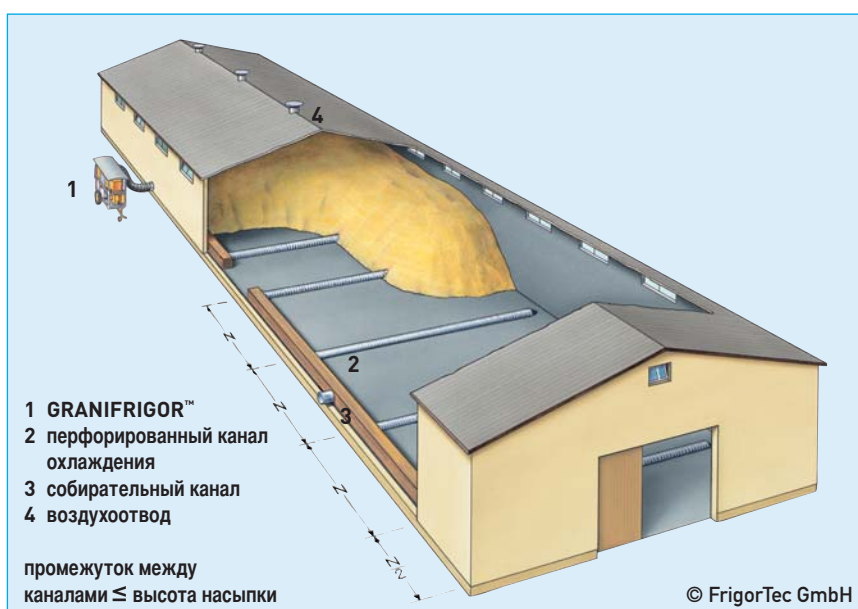
### Охлаждение на складе с плоскими полами/в амбаре

На складах с плоскими полами на полу прокладываются охлаждающие каналы полукруглого сечения из перфорированного стального листа.

Если каналы прокладываются ниже уровня пола, то сверху они покрываются перфори-



13 Направление охлаждающей балки на примере сотовой силосной установки



14 Принципиальное распределение воздуха на складе с плоскими полами

рованными стальными листами. При этом важно обеспечение возможности простой очистки, а также избежание образования ниш и кромок со скоплениями грязи. Преимуществом прокладки ниже уровня пола является возможность прохождения транспорта внутрь хранилища. Это имеет большое значение при выгрузке зерна. Отдельные каналы объединяются в один общий канал в здании или за его пределами или каждый канал выводится наружу отдельно. Рекомендуется избегать длинных воздухопроводов, необходима их теплоизоляция. Расстояние между охлаждающими каналами не должно превышать максимальную высоту насыпи. Расстояние от кана-

лов до стены не должно превышать половину высоты насыпи. Конусообразную верхушку зерновой насыпи можно компенсировать различной перфорацией воздушных каналов или можно закрыть насыпь сверху. Без принятия данных мер холодный воздух пойдет по пути наименьшего сопротивления, и верхушка насыпи останется неохлажденной. В идеальном случае необходимо соответствующее распределение сыпучего материала, при котором конусообразная верхушка насыпи не образуется.



Технология GRANIFRIGOR™ имеет многочисленные преимущества, которые необходимо учитывать с точки зрения экономической эффективности:

- длительное хранение без риска снижения качества
- защита от поедания насекомыми-вредителями и от их размножения
- защита от образования грибов и их микотоксинов
- избежание дорогой и вредящей окружающей среде химической обработки
- минимизация потерь вследствие дыхания зерна
- отсутствие необходимости перескладирования
- незначительные затраты на сушку
- сохранение свежести, как после сбора урожая
- сохранение способности к прорастанию
- отсутствие пожелтения зерен риса
- увеличение количества целых зерен риса
- отсутствие трещин
- отсутствие окисления маслосодержащих плодов
- охлаждение может осуществляться независимо от метеорологических условий

## Список литературы

- 1 Brunner H (1989) *Getreidepflege durch Kühlkonservierung*. Technische Rundschau Sulzer, Heft 4, Gebrüder Sulzer AG Winterthur, Schweiz
- 2 Jouin C (1964) *Grundlegende Kalkulationen für die Belüftung des Getreides*, Getreide und Mehl, Band 14, Heft 6, Beilage der Zeitschrift „Die Mühle“, Verlag Moritz Schäfer, Detmold
- 3 Kolb RE (2001) *Kühle Getreidelagerung*, Mühle + Mischfutter, Heft 17, Verlag Moritz Schäfer, Detmold
- 4 Anonymus (2002) *Gefahr erhöhter Mykotoxinbildung im Getreide*, Mühle + Mischfutter, Heft 19, Verlag Moritz Schäfer, Detmold
- 5 Lacey J, Hill ST, Edwards MA (1980) *Microorganisms in stored grains; their enumeration and significance*, Tropicsh stored product information 39
- 6 *Getreide Jahrbuch 2002/2003*, Verlag Moritz Schäfer, Detmold
- 7 Mollier R (1923/1929) *Das i, x-Diagramm für Dampfluft-gemische*, Zeitschrift VDI, 67
- 8 Kunde K-H (1987) *Reis - seine Bedeutung und Bearbeitung*, Die Mühle + Mischfüttertechnik, 124. Jahrgang, Heft 32/33, Verlag Moritz Schäfer, Detmold
- 9 Barth F (1995) *Cold storage of Paddy - the solution to your storage problems*, World Grain, July 1, Sosland Publishing Co, Kansas City/USA
- 10 Vasilenko E, Sosedov N et al. (1976) *Die Gelbfärbung von Reis*, Übersetzung der russischen Mukomol'no erschienen in Die Mühle + Mischfüttertechnik, 113. Jahrgang, Heft 17, Verlag Moritz Schäfer, Detmold
- 11 Eimer M (1998) *Konservierung und Lagerung von Raps*, Raps, 16. Jahrgang, Heft 7, Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen
- 12 Humpisch G (2002) *Gesunderhaltung von Rapssaat*, Raps, 20. Jahrgang, Heft 3, Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen
- 13 Agena MU (1961) *Untersuchungen über die Kälteeinwirkung auf lagernde Getreidefrüchte mit verschiedenen Wassergehalten*, Dissertation Universität Bonn
- 14 Bakker-Arkema FW, Maier DE, Mühlbauer W, Brunner H (1990) *Grain-chilling in the U.S.A. to maintain grain-quality*, World Grain, January 1, Sosland Publishing Co, Kansas City/USA





# Серия GRANIFRIGOR™ – установки охлаждения для зерновых



KK 80 AHY



KK 145 AHY



KK 140 Tropic



KK 180 AHY



KK 280 AHY



KK 280 Tropic



KK 400 AHY



KK 400 Tropic

© FrigorTec GmbH

Фирма FrigorTec GmbH (ранее производство охладительных установок фирмы Axima / Sulzer Escher Wyss) – специалист по охладительным приборам и тепловым насосам:

Установки охлаждения  
для зерновых  
GRANIFRIGOR™

Крановые установки  
микrokлимата  
CRANEFRIGOR™

Стандартные охладительные устройства  
STANDARDFRIGOR

Специсполнения  
SHELTERFRIGOR

Дистрибьютор:



SERVICE – Наша служба сервиса производит техобслуживание приборов и совершает поставку запчастей во всем мире.

# FRIGOR TEC

FrigorTec GmbH • Hummelau 1  
88279 Amtzell / Germany  
Tel.: +49 75 20 / 9 14 82-0  
Fax: +49 75 20 / 9 14 82-22  
info@frigortec.de  
www.frigortec.com