

# **Краткое изложение**

## **заключительного отчета к проекту**

**Концепции модельной технологической модернизации аммиачных холодильных установок в холодильниках Российской Федерации с целью повышения их безопасности и экономичности и уменьшения потенциала экологической опасности**

**Сроки реализации проекта: 15.9.2000 - 31.7.2001**

FKZ 380 01 016

Проект реализован в рамках Программы консалтинговой помощи Министерства охраны окружающей среды ФРГ в области охраны окружающей среды странам Средней и Восточной Европы а также странам СНГ.

### **СОДЕРЖАНИЕ**

1. Состояние холодильных установок в Российской Федерации
2. Аммиачные холодильные установки
3. Важнейшие свойства аммиака
4. Цели проекта
5. Содержание проекта
  - 5.1. Оценка исходного состояния
  - 5.2. Концепции модернизации
  - 5.3 Мероприятия организационного характера
  - 5.4 Новелирование нормативных документов
- 6 Использование разработанных концепций

Берлин, декабрь 2001 г.

## 1. Состояние холодильных установок в Российской Федерации

Наряду с предприятиями нефтеперерабатывающей, химической и фармацевтической промышленности большое количество предприятий пищевой отрасли Российской Федерации (РФ) оснащено аммиачными холодильными установками. Зачастую эти предприятия находятся в непосредственной близости от жилых массивов. Прежде всего это связано с быстрым ростом крупных городов, таких, как Москва, Петербург, Красноярск, в которых жилые массивы оказались в непосредственной близости от промышленных предприятий. В результате этого аварии на аммиачных холодильных установках могут привести к возникновению непосредственной опасности для населения.

| Отрасль                            | Число установок <sup>1</sup> |
|------------------------------------|------------------------------|
| Мясная промышленность              | 540                          |
| Молокопереработка                  | 1556                         |
| Молочные приемные пункты           | 4700                         |
| Производство напитков              | 1065                         |
| Рыбопереработка                    | 300                          |
| Кондитерская промышленность        | 52                           |
| Торговля мясо-молочными продуктами | > 400                        |
| Всего                              | > 8600                       |

### Холодильные установки в пищевой отрасли РФ

Большая часть эксплуатируемых в настоящее время в РФ аммиачных холодильных установок нуждается в модернизации.

Причины этого связаны с низким уровнем инвестиций на существующих установках и на сооружение новых установок, соответствующих современному уровню техники. Вследствие сложившейся в стране ситуации дальнейшее развитие холодильной техники и в т.ч. внедрение автоматизации могли быть осуществлены в ограниченных пределах.

В результате этого современный уровень установок отражает высокий уровень их износа, применение устаревших технологий и дефицит ноу – хау в области современной холодильной техники. Высококвалифицированному обслуживающему персоналу установок удалось предотвратить крупные аварии. В рамках описанных обстоятельств особое внимание должно быть уделено проблемам промышленной безопасности.

Количество аммиака в современных холодильных установках составляет (при сопоставимой холодильной мощности) менее 10 % от количества, применяемого на аналогичных старых установках.

Эксплуатация таких установок в современных условиях является малооправданной с экономической точки зрения, например вследствие чрезвычайно высоких энергетических затрат. В то же время безопасность установок и качественные показатели могут быть обеспечены лишь благодаря реализации обширных мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту.

---

<sup>1</sup> Данные из доклада: Медникова, 18.05.2001, Москва

Поскольку установки используются в первую очередь для хранения и переработки пищевых продуктов, их надежная эксплуатация важна с политической точки зрения для обеспечения бесперебойного снабжения населения.

## 2. Аммиачные холодильные установки

В принципе все газы могут быть применены в определенных температурных областях в качестве хладагентов в хладоагрегатах.

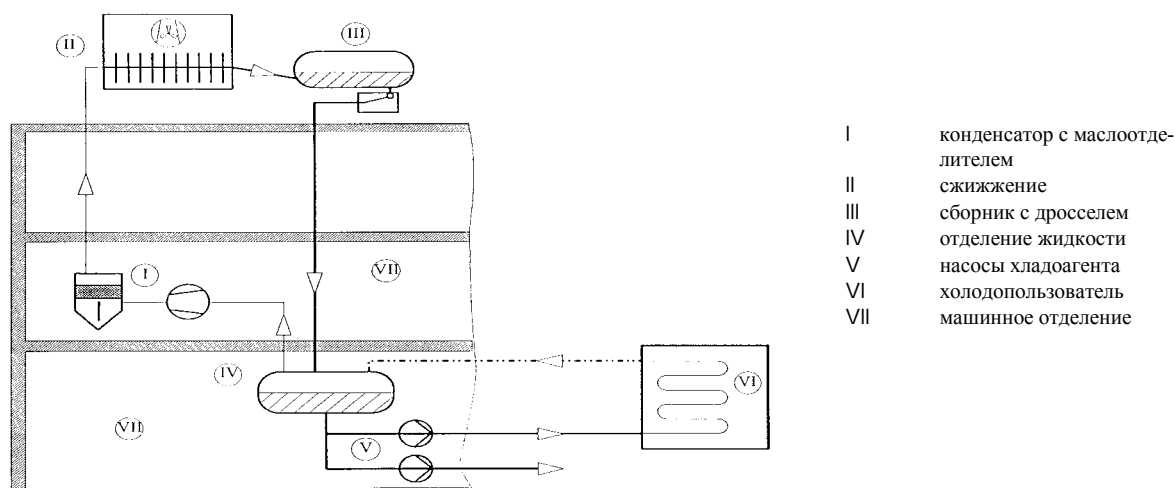


Схема холодильной установки

Для производства холода происходит всасывание газообразного хладагента на стадии отделения жидкой фазы, его сжатие компрессором, перевод в жидкую фазу вследствие теплоотдачи, подача в сборник.

Для потребления холода осуществляется подача жидкого хладагента потребителю и затем в газообразном или в двухфазовом состоянии обратно к сборнику.

Вследствие их токсикологических параметров и низкой горючести широкое распространение в последние десятилетия получили синтетические хладагенты (в т.ч. FCKW).

После установления факта их отрицательного воздействия на земную атмосферу международным сообществом было принято решение об отказе от применения и производства подобных веществ, задокументированное Монреальским протоколом 1987 г.. В соответствии с реализацией протокола, например, с вступившим в силу Предписанием ЕС №. 2037/2000 в ближайшем будущем будет заметно уменьшено применение синтетических хладагентов и будут созданы условия для ренессанса естественных хладагентов.

|                 | GWP  | ODP   |
|-----------------|--|---|
| FCKW            | GWP <sub>100</sub> – парниковый потенциал<br>(CO <sub>2</sub> = 1) | ODP – потенциал разрушения озона<br>(CCl <sub>3</sub> F = 1) <sub>3</sub> |
| FKW             |  |   |
| Углеводороды    | 0  | 0   |
| CO <sub>2</sub> |  |   |
| NH <sub>3</sub> |  |   |
| Воздух, вода    | 0  | 0   |

Сопоставление свойств различных хладагентов, значимых в аспекте климатического воздействия

Углеводороды в принципе могли бы быть использованы в качестве хладагентов, но они горюче- и взрывоопасны. Двуокись углерода требует реализации процесса при относительно высоком давлении, применяется однако успешно в качестве промежуточного хладагента в пилотных установках в области низких температур. Применение воздуха и воды является низкоэффективным, таким образом их широкомасштабное применение в обозримом будущем не представимо.

Аммиак является одним из старейших и зарекомендовавших себя хладагентов, известным из классической холодильной техники. Аммиак обладает прекрасными термодинамическими свойствами, характеризуется наибольшей объемной холодильной мощностью в ряду известных хладагентов. Указанные факторы определяют его широкое применение прежде всего в крупных холодильных установках.

Аммиак ядовит, при определенных концентрациях горюч и взрывоопасен.

В соответствии с ISO 817 аммиак обозначается как хладагент R-717 и внесен в группу опасности L2.

Поскольку аммиак является прекрасным хладагентом, но в связи с его токсичностью является опасным веществом, безопасная эксплуатация установок требует реализации соответствующих мероприятий. С 1993 г. установки, содержащие более 3 т аммиака относятся в Германии к установкам, на эксплуатацию которых должно быть получено разрешение, и подпадают таким образом под действие Предписания по аварийным ситуациям (12. Предписание к Федеральному закону защиты от имиссий).

### 3. Важнейшие свойства аммиака

|  |  |
|--|--|
| температура кипения                                      | (при 1 бар): - 33,43 °C;<br>(при 26 бар): + 60 °C  |
| теплота испарения (при 1 бар):                           | 1370 кДж/кг (примерно треть показателя воды);  |
| температура возгорания (при 1 бар):                      | 651 °C (температурный класс T 1, класс взрыво-<br>опасности 11 A;  |
| от 5 ppm   | ощущение запаха;   |
| от 20 ppm  | начало раздражающего действия на верхние дыхательные пути и на глаза;  |
| от 50 ppm  | достигнут показатель MAK; большинство переносит концентрацию 100 ppm в течение продолжительного периода времени; |
| от 200 ppm   | достигнут показатель ERPG-2-Wert <sup>2</sup> ; тошнота, головная боль; в отдельных случаях опасность для жизни; |
| от 500-5000 ppm  | в течении нескольких минут летальный исход (в зависимости от конкретных условий);                                |
| "сухой" NH <sub>3</sub> не реагирует с железом и сталью; |  |

С целью обеспечения безопасности обращения с аммиаком особое внимание уделяют:

- уменьшению количества аммиака в системе,
- предотвращению возникновения критических условий эксплуатации,
- предотвращению отрицательного воздействия потенциальной аварийной ситуации.

---

<sup>2</sup> ERPG-2-показатель соответствует максимальной концентрации газа, при которой исходят из того, что ниже указанной концентрации пребывание людей в течение часа не приводит к необратимым или серьезным последствиям для здоровья или серьезным симптомам, которые могли бы помешать пострадавшему принять защитные меры.

## **4. Цели проекта**

Основная цель проекта заключается в создании благоприятных условий для трансфера западных технологий и ноу – хау посредством презентации возможности модернизации существующих аммиачных холодильных установок с учетом аспекта промышленной безопасности и экономичности.

Реализация проекта позволит внести важный вклад в снижение риска аварийности российских промышленных установок и в продолжение немцко-российского диалога в области промышленной безопасности.

На основе детального анализа существующих установок на конкретных примерах в рамках проекта разработаны модельные концепции модернизации аммиачных холодильных производств, которые могут быть применены на большом числе подобных установок.

С вопросами технической модернизации тесно связаны вопросы дальнейшего развития нормативной базы. Соответственно должны были быть разработаны предложения, направленные не только на отражение современного уровня техники, но и на облегчение процесса получения разрешений на ввод в эксплуатацию современных установок, например немецких производителей оборудования.

## **5. Содержание проекта**

Партнером при реализации проекта явилось российское федеральное ведомство по техническому надзору в промышленности «Госгортехнадзор» и институт «Хлорбезопасность», работающий по заданию ведомства в области безопасного обращения с аммиаком.

Благодаря участию в проекте специалистов фирмы «Грассо» было обеспечено привлечение к реализации поставленных задач одной из ведущих в мире фирм в области разработки и изготовления аммиачных холодильных установок.

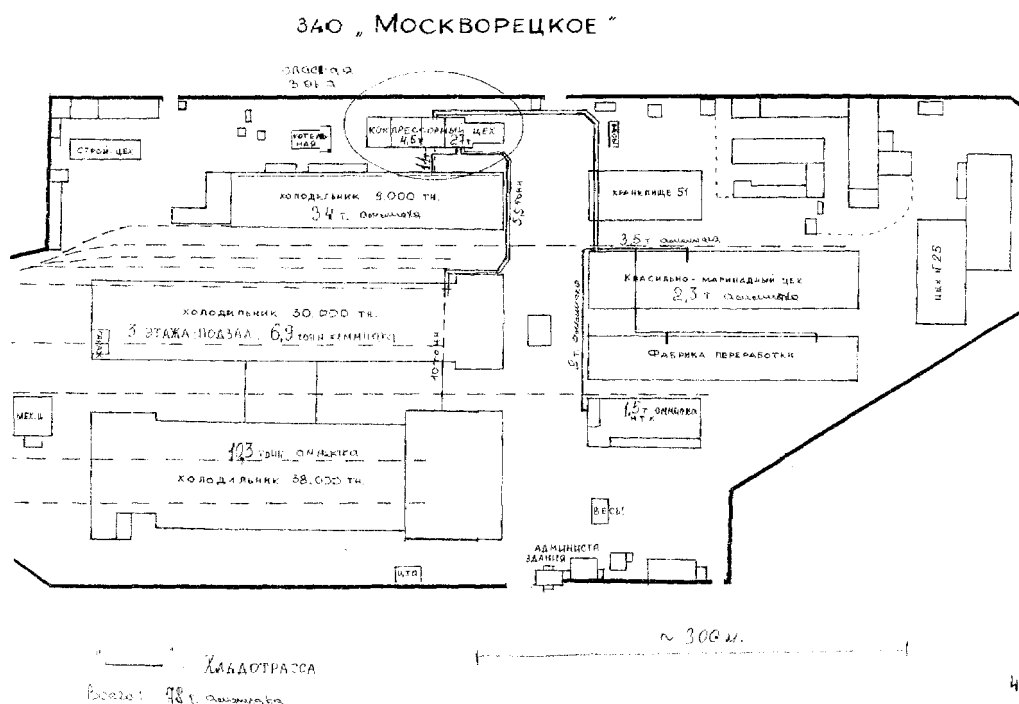
В проведении осмотра предприятий, в работе совещаний рабочей группы, непосредственно в реализации задач проекта также принимали участие представители предприятий, эксплуатирующих установки и российских проектных институтов и организаций.

Проект был реализован на двух пилотных объектах, предложенных Госгортехнадзором: «АО Москворецкое» и «Хладокомбинат 7».

### **5.1. Оценка исходного состояния**

На обоих пилотных предприятиях был проведен детальный анализ состояния промышленных установок. При проведении анализа применяли используемые на практике в Германии чек – листы.

При этом был проведен анализ составных элементов установок и задокументированы соответствующие технические показатели и параметры состояния установок.



План АО «Москворецкое»

## 5.2. Концепции модернизации

Исходя из результатов анализа были разработаны модельные концепции модернизации с целью приведения установок в соответствие с современным уровнем техники.

Разработанная в рамках подготовки модернизации техническая документация позволяет непосредственно приступить к модернизации холодильных установок.

Количество аммиака в системе в случае реализации фаворизируемых вариантов концепции может быть уменьшено в случае низкотемпературной установки АО «Москворецкое» с 78 т до 3,2 т, а в случае «Хладокомбината 7» с 62 т до 7,5 т.

Концепции носят ступенчатый характер и содержат альтернативные подходы.

Мероприятия краткосрочного характера:

- встраивание холодозащитных штор на дверных проемах,
- обновление изоляции холодильных камер и трубопроводов,
- уменьшение количества аммиака в системе за счет уменьшения числа сборников и отделителей,
- снаряжение протяженных трубопроводов аммиака автоматическими запорными вентилями, позволяющими ограничить количество истекающего хладагента,
- снаряжение газовыми сигнализаторами в соответствии с европейским стандартом.

Мероприятия среднесрочного характера:

- применение современных испарителей с обеспечением возможности использования естественного холода,
- замена насосов хладагента с масляным запором герметичными аммиачными насосами,
- модернизация системы вентиляции,
- применение вторичного хладагента (этиленгликоля) для области рабочих температур  $-5^{\circ}\text{C}$  bis  $+5^{\circ}\text{C}$ ,

- 

Мероприятия долгосрочного характера:

- В рамках разработки модельных концепций модернизации для обеих пилотных установок была разработана и передана российским партнерам детальная проектная документация. Указанные проекты предусматривают применение для температурной области  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  чиллеров, т.е. компактных и полностью автоматизированных агрегатов для охлаждения жидких хладагентов.

<sup>3</sup> Рециркуляционное число (RZ) обозначает кратность оборота хладагента, подаваемого к потребителю холода с учетом полного испарения хладагента. В случае «пассивного» хладосъема этот показатель составляет примерно 12, в случае применения воздухоохладителей данное число снижается до примерно 3.

Кроме того были приняты во внимание варианты частичной модернизации. При этом предусматривается переоборудование существующих холодильных камер с возможностью прямого низкотемпературного охлаждения, снаряжение овощного склада современными чиллерами. Указанный подход позволит обеспечить сохранение существующих трубопроводов холодоснабжения в варианте их частичного использования для подачи этиленгликоля.

Перспективы обеспечения безопасного и экономичного варианта эксплуатации аммиачных холодильных установок были продемонстрированы на потенциале как отдельных компонентов холодильных установок, так и расширенного применения автоматизации в аспекте возможности уменьшения количества аммиака в системе и соответственного уменьшения потенциала риска, связанного с эксплуатацией установок.

Выбор конкретных мероприятий, подлежащих к реализации, должен быть осуществлен непосредственно предприятиями, не в последнюю очередь с учетом состояния здания, электроснабжения, гигиенических требований и т.д.

### **5.3 Мероприятия организационного характера**

К основополагающим требованиям, предъявляемым к эксплуатации аммиачных холодильных установок, относятся: определение внутрипроизводственных областей ответственности, инструктирование персонала, разработка планов оповещения об опасности и действий в случае возникновения аварийных ситуаций, обеспечение наличия средств защиты и т.д. Партнерами было положительно оценено соответствующее предложение относительно организации расширенного обучения персонала в области безопасности эксплуатации установок.

Также было обращено внимание на преимущества, связанные с применением современной системы управления качеством в качестве инструмента управления производством. Внедрение системы сертификации всего производственного цикла в соответствии со стандартами (например ISO 9000, 14000) позволило бы не только повысить надежность эксплуатации установок, но и гарантировать соответствующее качество работы (обеспечение функционирования т.н. непрерывной цепочки охлаждения).

Объективным представляется указание на необходимость более активного использования преимуществ информационной техники для решения производственных задач при подготовке модернизации. Многие производители передового оборудования представляют в интернете не только каталоги их продукции, но и конкретные небольшие программы, позволяющие, например, осуществлять квалифицированный выбор конденсаторов, распечатывать конструкционные чертежи оборудования, получать доступ к вспомогательным средствам, необходимым при конструировании установок.

Организация финансирования, в т.ч. и крупных промышленных проектов, в принципе, не связано с неразрешимыми проблемами. Решающее значение имеет фактор кредитонадежности предприятия (не в последнюю очередь – возможность привлечения собственных средств предприятия), наличие опыта работы с кредитными институтами (например, знание т.н. проектных циклов соответствующих организаций), позитивные результаты анализа политического и экономического риска, который может быстро-изменяющимся показателем (например, известный кризис российской экономики).



## **5.4 Новелирование нормативной базы**

Предписания относительно сооружения и эксплуатации аммиачных холодильных установок в РФ регулируются ПБ 09-220-98, в Западной Европе стандартом EN 378. В рамках данного проекта оба текста были переведены либо предоставлены партнерам. Также была проведена расширенная дискуссия относительно возможности гармонизации указанных документов.

При сопоставлении указанных документов были установлены частично существенные расхождения, касающиеся прежде всего оценки потенциала опасности аммиака и технических средств, применяемых для уменьшения риска при обращении с ним, касающиеся:

- взрывоопасности и границ оповещения об опасности,
- строительного исполнения машинных отделений,
- числа сборников хладагента.

В связи с этим разработанные предложения относительно новелирования ПБ 09-220-98 затрагивают прежде всего:

- компактное исполнение современных холодильных агрегатов,
- состояние техники безопасности и уровня автоматизации (дистанционное управление и надзор),
- конструкционные особенности исполнения рабочих помещений и машинных отделений,
- степень защиты электрооборудования,
- общую и аварийную вентиляцию,
- контрольные циклы и методы контроля.

## **6 Использование разработанных концепций**

В результате использования планового механизма ведения хозяйства в прошлом уровень технического исполнения старых холодильных установок в целом по стране сопоставим. Вследствие этого полученные в рамках данного проекта результаты обследований а также разработанные концепции модернизации могут быть использованы для большого числа установок как в РФ, так и в других странах СНГ.

Разработанные в рамках данного российско-германского проекта концепции представляют по мнению Госгортехнадзора России солидную базу для разработки руководства по работе над концепциями модернизации производств одной из важнейших отраслей российской промышленности.

Существенный импульс задействованию фактора мультипликации результатов проекта был придан в рамках заключительного семинара, проведенного 18.5.2001 г. в г. Москве. Во время семинара результаты проекта были представлены широкому кругу представителей ответственных российских ведомств (Госгортехнадзор, МЧС), проектных организаций и российских предприятий. В результате проведенной дискуссии участники семинара рекомендовали учесть разработанные в рамках проекта предложения по новелированию российских правил сооружения и эксплуатации аммиачных холодильных установок в аспекте их гармонизации с соответствующими предписаниями Европейского Сообщества.

Информация о семинаре, содержащая соответствующую положительную оценку, была опубликована в специализированном российском журнале «Холодильная техника» (номер 3, стр. 7).