

В.И.ЛЯПИН, А.В.ГРОМОВ
ОАО "Сибкриотехника"
А.Т.ХАРЕЧКО, А.П.ЛИМОРЕНКО,
Ц.Ц.ЦЫДЕНДАМБАЕВ
ЦВТП БЗ НИИМ
В.В.ГУКОВ, В.А.РУДАКОВ
Омское предприятие
по производству бакпрепаратов

Автоматизированный комплекс сублимационной сушки с газовой холодильной машиной

An automated freeze-drying complex has been developed by JSC "SIBKRIOTEKHNIKA" to produce dehydrated pharmaceutical and biological preparations. The complex comprises a vertical-type vacuum chamber with built-in condenser; vacuum refrigeration plant based on the Stirling CFC-free gas refrigeration machine; computer-aided automatic control system and a complete set of technological equipment including a stand with heating shelves. The automatic control system provides a freeze-drying process in accordance with the prescribed program individual for each preparation.

Создан автоматизированный комплекс сублимационной сушки (АКСС), предназначенный для получения сухих веществ (биологических препаратов, вакцин, препаратов крови, высококачественных пищевых продуктов с длительным сроком хранения и др.) путем сушки в вакууме предварительно замороженных фракций. Комплекс может использоваться на предприятиях медицинской, медико-биологической, пищевой промышленности и сельского хозяйства.

В качестве холодильного агрегата в составе АКСС применена экологически безопасная (бесфреоновая) газовая холодильная машина (ГХМ), работающая по обратному регенеративному циклу Стирлинга.

Основные составные части АКСС (рис. 1):

- вакуумная камера с комплектом технологического оборудования;
- холодильно-вакуумная установка;
- автоматизированная система управления.

Вакуумная камера представляет собой вертикальную цилиндрическую емкость с герметично закрывающейся крышкой. В камере установлены устройства для размещения высушиваемого продукта (штатив или кассеты) со встроенными электрическими нагревателями для подвода тепла к продукту в процессе сушки. Внутри камеры по периметру боковой стенки расположен змеевиковый конденсатор. Между конденсатором и штативом помещен жалюзийный экран для равномерного распределения потока конденсирующихся паров, тепловой изоляции, защиты от обратного потока масла из вакуумного насоса.

Холодильно-вакуумная установка состоит из ГХМ, вакуумной установки, циркуляционного контура.

В ГХМ, представляющую собой поршневую одноступенчатую машину, входят два компрессорных и два детандерных поршня, приводимых в движение с помощью коленчатого вала и кривошипно-шатунного механизма электродвигателем. В детандерные цилиндры встроены теплообменные аппараты: жидкостно-газовый (поток жидкости обеспечивает передачу холода от ГХМ к объекту охлаждения) и регенератор. Компрессорные цилиндры снабжены охлаждающей водяной рубашкой.

В качестве хладагента в ГХМ применяется инертный газ гелий.

Для регулирования холодопроизводительности использован двухскоростной встроенный электродвигатель.

ГХМ установлена на виброгасящие опоры. В кожухе холодильно-вакуумной установки предусмотрена специальная шумоизоляция. Благодаря этим мерам обеспечиваются санитарные нормы уровня шума и вибраций.

Сравнительные испытания показали, что ГХМ имеет более полную характеристику зависимости холодопроизводительности от температуры, чем фреоновый холодильный двухступенчатый компрессорно-конденсаторный агрегат (рис. 2), и большую термодинамическую эффективность при температурах ниже -70°C , необходимых для эффективной работы конденсаторов установок сублимационной сушки, применяемых в медико-биологической и фармацевтической промышленности.

Откачивание неконденсируемых газов из объема вакуумной камеры и поддержание минимального давления остаточных газов обеспечивается вакуумной установкой на базе двухступенчатого пластинчато-роторного вакуумного насоса.

В циркуляционном контуре насосом центробежного типа промежуточный хладоноситель прокачивается через теплообменники детандерных цилиндров ГХМ, теплоизолированные трубопроводы, соединяющие холодильно-вакуумную установку и вакуумную камеру, и через конденсатор. В качестве промежуточного хладоносителя могут использоваться жидкости с температурой замерзания ниже -100°C – перфторуглеродная жидкость (карбогал), кремнийорганические теплоносители ПМС-1р, ПМС-1,5р, этанол.

Основные характеристики АКСС

Объем вакуумной камеры, м ³	1,4
Емкость конденсатора, кг	До 50
Площадь загрузки полок штатива, м ²	До 4
Рабочее давление в вакуумной камере, Па	$2 \dots 10^5$
Температура, $^{\circ}\text{C}$:	
поверхности конденсатора	$-70 \dots -80$
полок штатива	$-40 \dots +40$
Напряжение электросети, В	380
Частота, Гц	50
Установленная мощность, кВт	23
Масса, кг:	
вакуумной камеры	400
холодильно-вакуумной установки	450
штатива	200
комплекта кассет	120×3
Габаритные размеры (ширина×длина×высота), мм:	
вакуумной камеры	1535×1524×1537
холодильно-вакуумной установки	1030×1320×1325
Уровень шума, дБ А	< 80

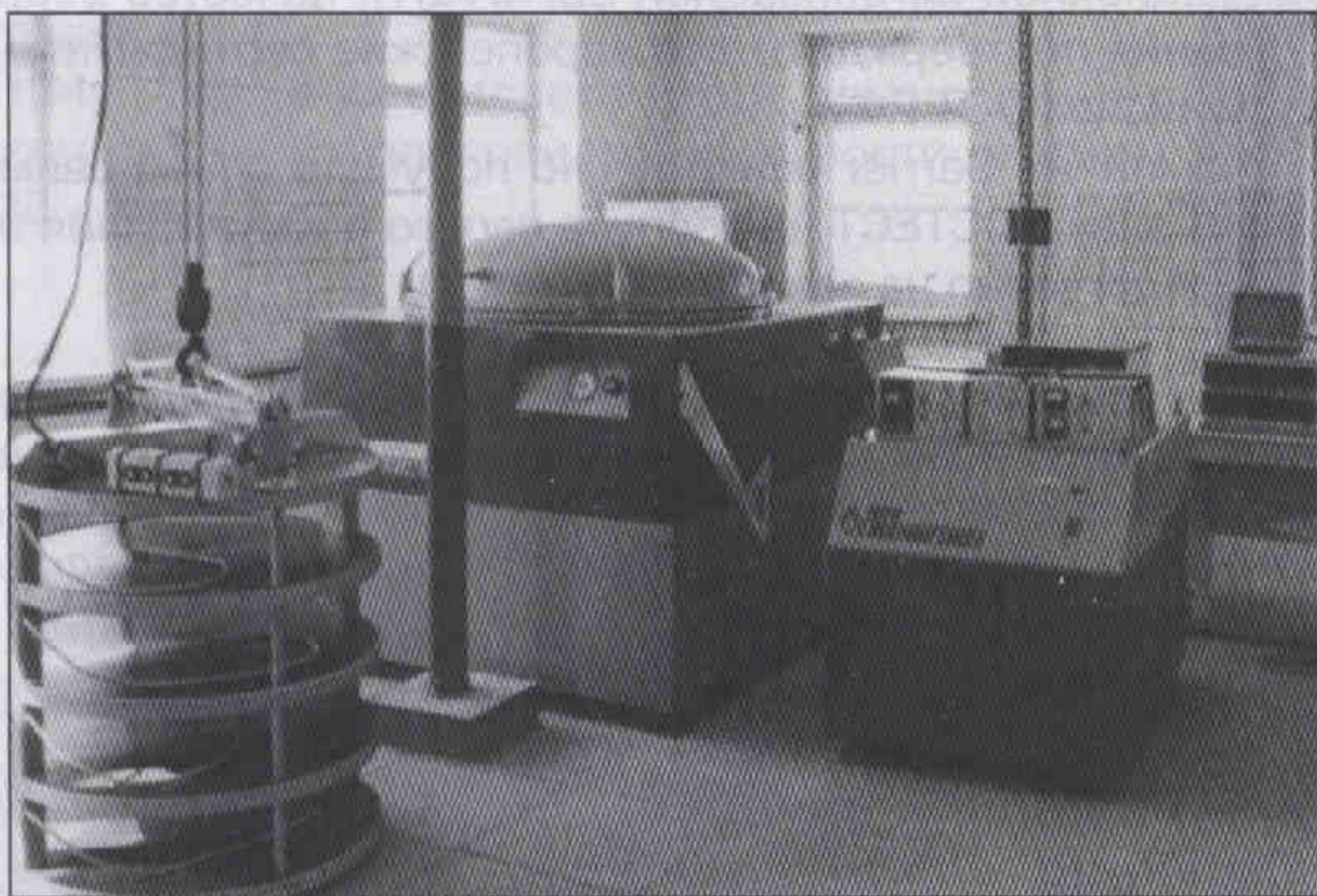


Рис. 1. Общий вид АКСС

Скорость сублимации регулируется включением и выключением нагревателей штатива (кассет). Этим процессом управляет АСУ, которая подключается к ПЭВМ. В зависимости от установленного программного обеспечения возможно применение различных алгоритмов, определяющих ход технологического процесса. Также возможны контроль и регулирование температуры отдельно каждой полки штатива (кассеты), контроль температуры и сопротивления продукта в контрольных точках на каждой полке штатива, температуры конденсатора и давления остаточных газов в ВК.

Управление ГХМ, вакуумной установкой и циркуляционным контуром осуществляется в автоматическом или ручном режимах ра-

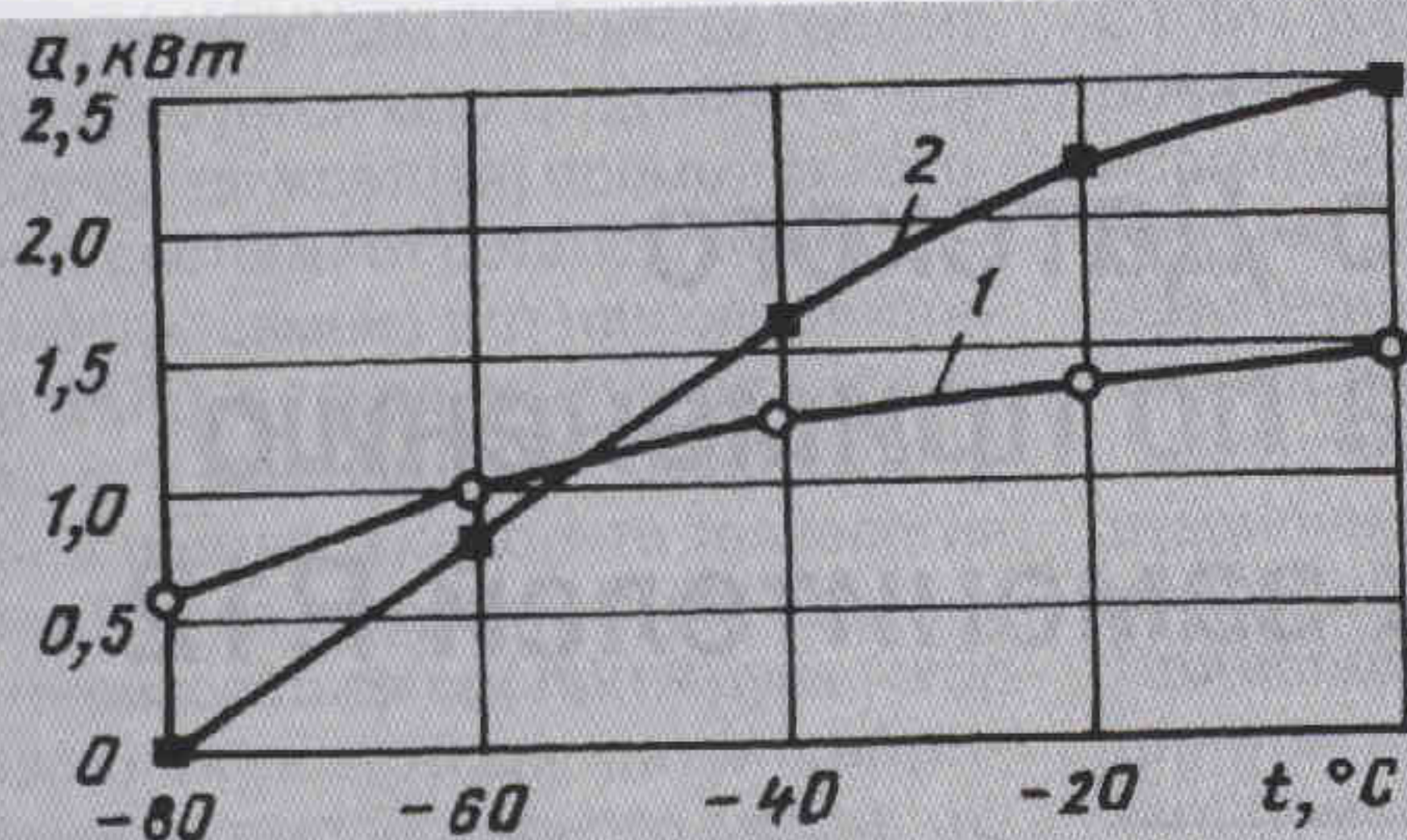


Рис. 2. Зависимость холодопроизводительности Q от температуры охлаждения t :
1 — ГХМ; 2 — холодильный двухступенчатый компрессорно-конденсаторный агрегат сублимационной установки LZ-45, работающий на R22

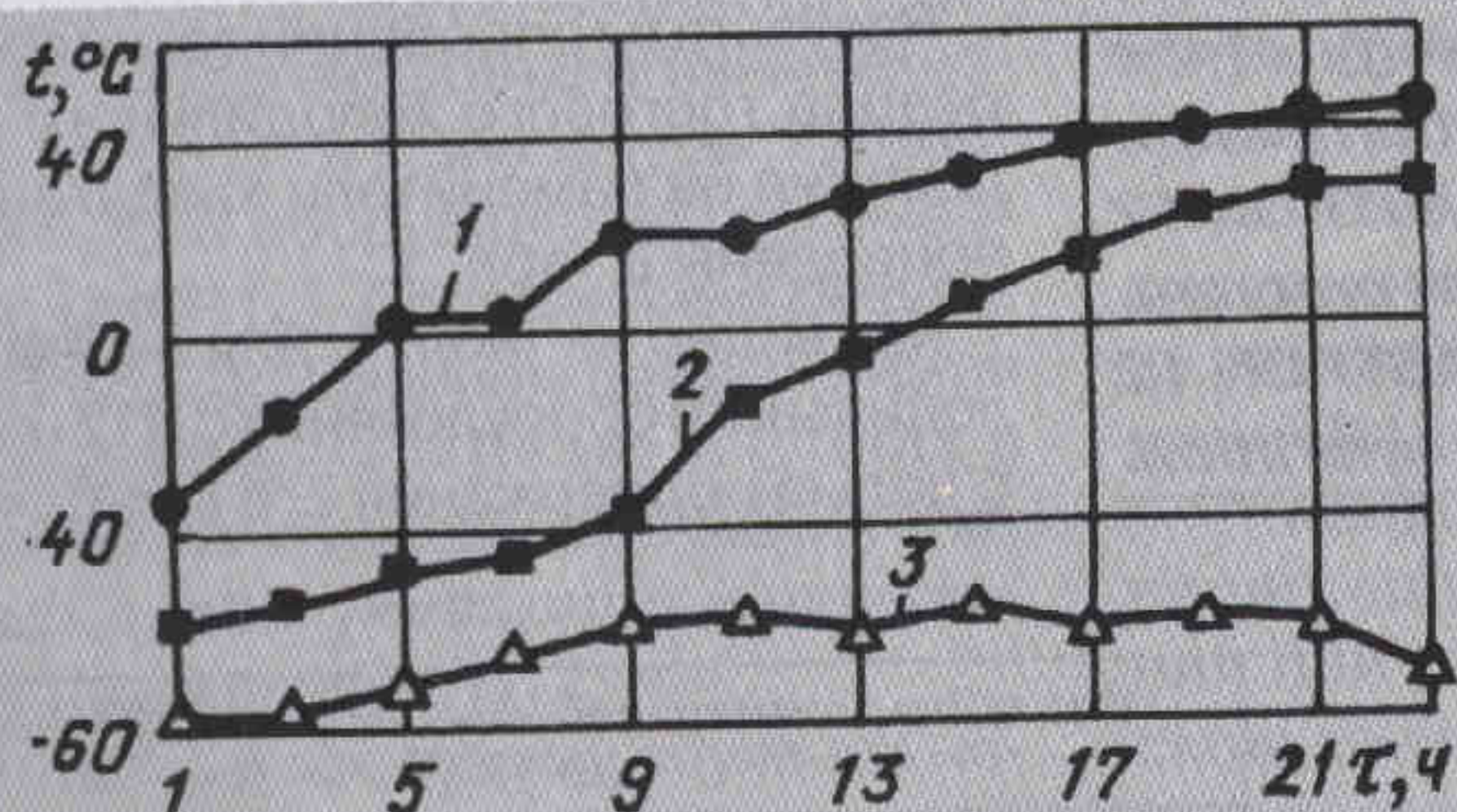


Рис. 3. Зависимость температур t полки 1, продукта 2, конденсатора 3 от времени сушки τ продукта (иммуноглобулин)

боты электронными блоками, установленными на холодильно-вакуумной установке.

На АКСС проведены экспериментальные сушки таких биологических продуктов, как протеин, альбумин, иммуноглобулин, полуфабрикат субстанции лидазы. При розливе продукта в ампулы по 1,0...1,5 мл полная загрузка составляла до 13...15 л, в лотки — до 20 л. Технологический процесс сушки длился от 24 до 48 ч. Остаточная влажность после выгрузки составляла от 0,06 до 0,88 %.

Полученные результаты сравнивали с результатами аналогичных сушек, проведенных на установках LZ-45 и KC-30. Выявлено, что при сушке на установках с фреоновыми агрегатами в ходе технологического процесса наблюдаются критические участки: температура конденсатора и давление остаточных газов в вакуумной камере повышаются и возникает риск получения бракованного продукта. При работе АКСС таких участков либо не наблюдается, либо они значительно менее выражены. Это можно объяснить тем, что в АКСС при резком увеличении интенсивности сублимации температура конденсатора продолжает оставаться достаточно низкой (рис. 3), пары успевают сконденсироваться на конденсаторе и давление остаточных газов остается низким, что гарантирует ведение процесса в рамках технологической нормы. Эта особенность объясняется большой теплоемкостью промежуточного хладоносителя, который выполняет функцию аккумулятора холода.

В настоящее время ведется экспериментальная отработка и опытная эксплуатация АКСС в ОАО «Сибкриотехника» и на предприятиях по производству бакпрепаратов. В 1998 г. введен в эксплуатацию АКСС в ЦВТП БЗ НИИМ. За прошедшее время проведено несколько десятков сушек различных препаратов (биоспорин и др.), по результатам которых сделан ряд технических усовершенствований конструкции составных частей АКСС, в частности увеличена площадь полок штатива, что позволило повысить загрузку в 1,5 раза; разработана новая система управления на базе многоканального измерительного преобразователя со встроенной платой ЭВМ.

Комплекс усовершенствованной конструкции прошел цикл заводских испытаний и введен в эксплуатацию в ЦВТП БЗ НИИМ во II квартале 1999 г.

Большой вклад в создание и внедрение комплексов АКСС внесли специалисты ОАО «Сибкриотехника» Н.С.Сараев, С.В.Павлов, Е.Е.Карагусова, П.А.Ольшевский, Н.В.Карпенко, а также специалисты ЦВТП БЗ НИИМ — А.Н.Доронин и многие другие.



IKK 2000

21-ая международная
специализированная
выставка по теме
„Холодильная техника
и кондиционирование“

700 экспонентов
со всего мира

Холодильная
техника и
кондици-
онирование

Германия, Нюрнберг

18. 10. - 20. 10. 2000

Организаторы выставки
VDKF Wirtschafts- und
Informationsdienste GmbH
Kaiser-Friedrich-Straße 7
D-53113 Bonn

Организация и проведение
NürnbergMesse GmbH
Messezentrum
D-90471 Nürnberg

Информация
Представительство немецкой
экономики в Российской
Федерации — Москва
109017, Москва
1-й Казачий пер., 7
Тел.: 095/2 34 49 50
Факс: 095/2 34 49 51
E-mail: sedowa@diht.msk.ru

Информация о выставке „IKK“
в интернете:
www.ikk.info-web.de
www.ikk-tradefair.com

