

Авторефер.

Д 31

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
им. М. В. ЛОМОНОСОВА

Аспирант ДЕМЧЕНКО Владислав Алексеевич

(На правах рукописи)

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА
ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
МНОГОЗОННОЙ СУШИЛЬНОЙ
УСТАНОВКИ**

Специальность № 05.13.07 — Автоматическое управление
технологическими процессами пищевой промышленности

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса — 1973

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
им. М. В. ЛОМОНОСОВА

Аспирант ДЕМЧЕНКО Владислав Алексеевич

(На правах рукописи)

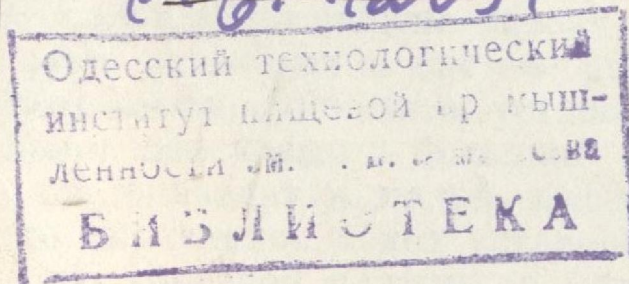
Переучет 19 87 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА
ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
МНОГОЗОННОЙ СУШИЛЬНОЙ
УСТАНОВКИ

Специальность № 05.13.07 — Автоматическое управление
технологическими процессами пищевой промышленности

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

~~С.б. 42091~~ V 012091



Одесса — 1973

ОНАХТ
25.07.11
Исследование и разра



V012091

Работа выполнена в Одесском ордена Трудового Красного Знамени политехническом институте на кафедре автоматизации теплоэнергетических процессов.

Научный руководитель — кандидат технических наук, доцент **Л. И. Кош.**

Официальные оппоненты:

Заслуженный деятель науки и техники УССР, доктор технических наук, профессор **М. Л. Варламов.**

Кандидат технических наук **Б. А. Еременко.**

Ведущая организация — Всесоюзный проектно-конструкторский и научно-исследовательский институт автоматизации пищевой промышленности («Пищепромавтоматика»).

Автореферат разослан „23“ января 1973 г.

Защита диссертации состоится „23“ февраля 1973 г.

в 10 часов , ауд. 272, на заседании Ученого Совета Одесского технологического института пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова.

Отзыв на автореферат (в двух экземплярах) просим присылать по адресу: г. Одесса-39, ул. Свердлова 112, Технологический институт пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета

(**Л. А. ЗАПОРОЖЕЦ**)

Успешному решению поставленных партией и правительством задач по увеличению ассортимента и повышению качества промышленной продукции и продуктов питания способствует автоматизация производственных процессов, в том числе процессов сушки — важного технологического процесса как по энергоемкости, так и по влиянию на качество выпускаемой продукции. Однако практика автоматизации процессов сушки еще отстает от намеченного теорией сушки и автоматического управления уровня, что объясняется многообразием высушиваемых материалов и их свойств, методов сушки, конструкций сушильных установок и пр. В последние годы появился ряд работ, сокращающих указанное выше отставание практики автоматизации от теории. Настоящая работа, затрагивающая эту же проблему, посвящена вопросам автоматизации конвективных многозонных сушильных установок непрерывного действия, нашедших широкое применение во многих отраслях промышленности.

В работе делается попытка отыскания новых методов и схем управления указанными сушильными установками на основе информации о влажности воздуха в сушильном пространстве, что особенно важно при отсутствии приборов для непосредственного автоматического определения влажности высушиваемых материалов в процессе самой сушки. Разработанный метод и система автоматизации реализованы на конкретной сушильной установке (линия «Шамбон» на одесском сахаро-рафинадном заводе).

Работа состоит из пяти глав и выводов.

Первая глава посвящена обзору и анализу многозонных сушильных установок и систем автоматизации. Показано, что многозонные сушильные установки являются высокоинерционными объектами с большим транспортным запаздыванием, что приводит к малой эффективности систем автоматического управления таких установок непосредственно по отклонению конечной влажности материала. Наличие в многозонных установках нескольких зон подвода тепла создает благоприятные возможности для позонного управления

процессом сушки. Однако для осуществления такого управления необходимо располагать информацией о влажности материала в начальных зонах установки. Это тем более важно, так как многими исследованиями было показано, что основным возмущающим воздействием, влияющим на конечную влажность материала, является его начальная влажность. Технические трудности измерения влажности материала влагомерами в промежуточных зонах установки ставят вопрос о поиске косвенного и, по возможности, универсального метода измерения влажности материала, в частности, по параметрам сушильного агента. При создании такого метода измерения появляется возможность разработки способа управления процессом сушки в целом.

Вторая глава посвящена разработке метода и прибора для измерения влажности материала косвенным методом. При соблюдении определенных указанных ниже условий среднюю влажность материала между двумя контрольными сечениями сушильной установки можно измерять по перепаду влагосодержаний воздуха в этих сечениях.

В общем случае указанный перепад Π является функцией средней температуры греющего воздуха в сушильном объеме $t_{в}$, расходов воздуха $M_{в}$ и материала $M_{м}$, начальной температуры материала $\Theta_{н}$ и влагосодержания воздуха d_1 во входном сечении и средней по объему влажности материала $w_{ср}$. Влияние изменяющихся параметров $\Theta_{н}$ и d_1 на процесс сушки и, соответственно, на перепад Π пренебрежимо мало. Постоянство $t_{в}$, $M_{в}$, $M_{м}$ в некоторых установках соблюдается практически без внешнего вмешательства, в других оно может быть с достаточной степенью точности обеспечено с помощью соответствующих систем регулирования. При этих условиях между Π и $w_{ср}$ имеет место однозначная зависимость. Она объясняется тем, что энергия связи влаги с материалом зависит от величины влажности последнего. В условиях неизменного режима сушки при изменении влажности поступающего материала из последнего будет испаряться и переходить к греющему агенту различное количество влаги, которое может служить мерой средней влажности материала, находящегося между рассматриваемыми сечениями. Для получения достаточного изменения перепада последний нужно измерять в зоне наиболее интенсивного влагосъема. Выбор контрольных сечений для измерения влажности воздуха определяется конструкцией сушильной установки, схемой дви-

жения воздуха и материала, а также диктуется соображениями синтеза системы управления процессом сушки, которые рассмотрены в третьей главе.

Высказанные выше положения экспериментально подтверждены измерением влажности сахара-рафинада в установке линии «Шамбон». Перепад влагосодержаний воздуха Π измерялся на входе в восходящую шахту и в середине первой зоны установки (см. рис. 5). Поскольку за время пребывания сахара в зоне измерения (до 3-х минут) его начальная влажность практически не изменялась, то измерялась не средняя, а начальная влажность сахара w_n . Результаты экспериментов в разные смены при различной температуре воздуха представлены на рис. 1. Зависимость $\Pi(w_n)$ аппроксимируется уравнениями

$$\Pi = 3 + 4w_n \quad \text{при } t_v = 72^\circ \text{С и}$$

$$\Pi = 4,1 + 1,88w_n \quad \text{при } t_v = 60^\circ \text{С,}$$

найденными методом наименьших квадратов.

Большая крутизна $\Pi(w_n)$ имеет место при $t_v = 72^\circ \text{С}$, поэтому для получения достаточного изменения перепада $\Delta\Pi$ желательно поддерживать в зоне измерения достаточно высокую температуру. Такой косвенный метод измерения начальной влажности сахара, выраженной в процентах, дает абсолютную погрешность, равную $\pm 0,1$.

В работе приведен также соответствующий анализ выполненных другими авторами исследований связи влажности воздуха над лентой с влажностью высушиваемого материала на ленте в многоленточных конвейерных установках. Этот анализ подтверждает возможность измерения влажности материала в таких установках по перепаду влагосодержаний воздуха Π над лентой и под ней.

Таким образом, измерение влажности материала сводится к измерению перепада влагосодержаний воздуха. Эта задача может быть решена двумя способами:

- 1) измерением влагосодержания воздуха в каждой из контрольных точек отдельными приборами;
- 2) измерением перепада влагосодержаний воздуха одним дифференциальным прибором.

Для измерения влажности воздуха как при экспериментальных исследованиях, так и в синтезированных схемах были использованы хлористолитиевые подогревные датчики — ЭЛПДВ.

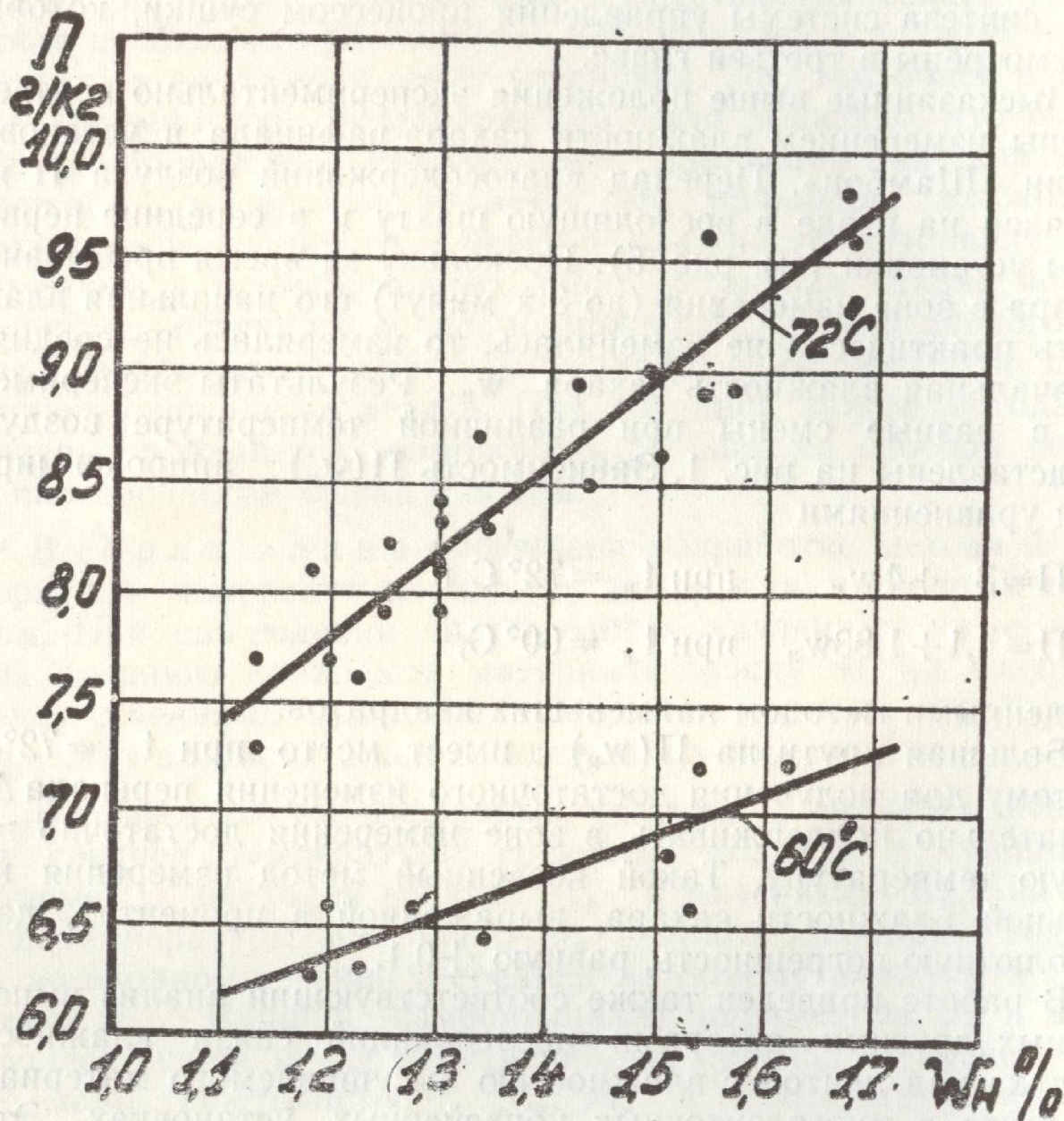


Рис. 1.

По сравнению с психрометрическим, метод, использующий ЭЛПДВ, обладает существенным преимуществом, позволяя производить измерения в запыленной среде (что довольно часто имеет место в сушильных установках). ЭЛПДВ можно устанавливать вне исследуемой среды и подводить к ним контролируемый газ с предварительной очисткой. Выходным сигналом ЭЛПДВ является измеряемая электрическим термометром сопротивления так называемая равновесная температура t_p . Последняя связана с влагосодержанием воздуха d нелинейно. Однако для систем автоматики желательно иметь линейную зависимость выходного сигнала прибора от измеряемого параметра. Таких приборов с линейной шкалой

до сих пор не было. В работе показано, что они могут быть созданы на базе обычных, измененных тем или иным образом, мостовых уравновешенных схем.

Предлагаются и анализируются две мостовые схемы: для измерения влагосодержания и измерения перепада влагосодержаний воздуха.

Зависимость влагосодержания воздуха d (отсчитываемая от любого условного нулевого уровня) от сопротивления R_t датчика влажности была аналитически описана уравнением гиперболы

$$d = \frac{R_t + B_1}{B_2 R_t + B_3}, \quad (1)$$

где B_3 — положительный, B_1 , B_2 — отрицательные постоянные коэффициенты, определяемые методом выравнивания для каждого конкретного диапазона работы датчика.

В случае применения мостовых уравновешенных схем:

А) при измерении влагосодержания воздуха

$$R_{pi} = kd, \quad (2)$$

Б) при измерении перепада влагосодержаний воздуха

$$R_{pi} = k\Delta\Pi, \quad (3)$$

где R_{pi} — текущее сопротивление реохорда;

$\Delta\Pi$ — изменение перепада влагосодержаний воздуха;

k — соответствующие коэффициенты пропорциональности, $\text{ом} \cdot \text{г}^{-1} \text{кг}$.

Подстановка в (2) значения d из (1) дает

$$R_{pi} = k \frac{R_t + B_1}{B_2 R_t + B_3}, \quad (4)$$

или

$$R_{pi} = \frac{R_t + B_1}{k' B_2 R_t + k' B_3}, \quad (5)$$

где $k' = \frac{1}{k}$.

А. Для измерения влагосодержания воздуха предлагается схема, изображенная на рис. 2, отличающаяся от схемы обычного уравновешенного моста принципиально иным способом шунтирования реохорда.

В этой схеме R_t — сопротивление датчика влажности.

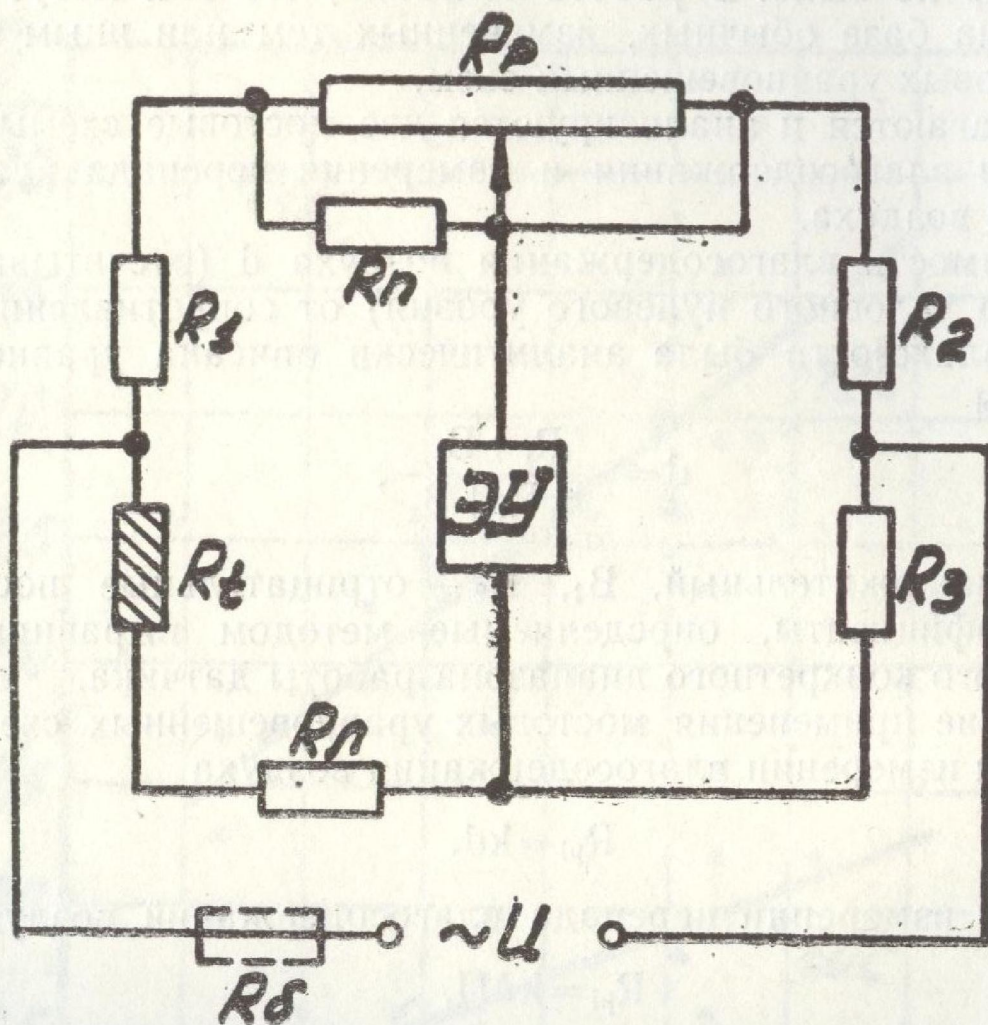


Рис. 2.

Решение уравнения равновесия моста относительно текущего сопротивления реохорда R_{pi} дает зависимость:

$$R_{pi} = \frac{R_t - R_1 \frac{R_3}{R_2} + R_l}{-\frac{R_t}{R_n} + \frac{R_3}{R_2} \left(1 + \frac{R_1}{R_n}\right) - \frac{R_l}{R_n}}, \quad (6)$$

аналогичную уравнению (1) и на основании (5) можно записать

$$\frac{R_t - R_1 \frac{R_3}{R_2} + R_l}{-\frac{R_t}{R_n} + \frac{R_3}{R_2} \left(1 + \frac{R_1}{R_n}\right) - \frac{R_l}{R_n}} = \frac{R_t + B_1}{k'B_2 R_t + k'B_3}. \quad (7)$$

по перепаду влагосодержаний воздуха, показатель F зависит только от средней влажности материала. Следовательно, $R_{t2} = f(d_1, w_{cp})$. При неизменных условиях сушки, с учетом вышеуказанных допущений, перепад Π остается постоянным, даже при изменении d_1 . Ставится задача, чтобы прибор реагировал только на изменение этого перепада, которое определяется средней влажностью материала.

Т. к. зависимость $t_p = f(d)$ нелинейная, то синтезируемая схема прибора должна обеспечивать выполнение двух условий: во-первых, независимости показаний прибора (измеряемого перепада) от изменения абсолютного значения влагосодержания d_1 на входе в исследуемый объем, и во-вторых, автоматического изменения предела измерений прибора по равновесной температуре (с целью сохранения предела измерений по влагосодержанию $\Delta\Pi_{шк}$) при изменении влагосодержания d_1 , причем, с увеличением d_1 предел измерений должен уменьшаться, и наоборот.

Выполнение первого условия обеспечивается соответствующим подбором температурных характеристик датчиков за счет шунтирования сопротивлением $r_{ш}$ одного из термометров сопротивления. При таком подборе характеристик с изменением d_1 приращения сопротивлений датчиков, расположенных в смежных плечах, получаются одинаковыми.

Выполнение второго условия обеспечивается подключением параллельно реохорду неуравновешенного компенсационного моста с датчиком R'_1 , измеряющим влагосодержание d_1 , аналогичным датчику R_{t1} . Далее приводится методика расчета схемы без указанных на рис. 3 сопротивлений $R_{\delta 1}$ и $R_{\delta 2}$.

Выразив текущее сопротивление реохорда R_{pi} через сопротивления элементов схемы, получаем:

$$R_{pi} = \frac{R_p}{2} \frac{R_{t2} - R_1 + 2n \frac{a_2}{a_1} R_1 + \frac{a_3}{a_1} R_{np} + R_l}{n \frac{a_2}{a_1} R_{t2} + n \frac{a_2}{a_1} (R_1 + R_l) + \frac{a_3}{a_1} R_{np}}, \quad (9)$$

где $R_1 = R_n + R_{ш_{t1}} + R_l$; (10)

$$R_{ш_{t1}} = \frac{R_{t1} \cdot r_{ш}}{R_{t1} + r_{ш}}; \quad (11)$$

$$R_{np} = \frac{R_p \cdot R_n}{R_p + R_n}; \quad (12)$$

a_1, a_2, a_3 — функции сопротивлений $r_2, r_3, r_4, R_{np}, R'_{t1}$;

$n = \pm \frac{U_2}{U_1}$ — отношение напряжений в диагоналях мостов.

Уравнение (9) реализует операцию вычитания влагосодержания d_1 (определяемого сопротивлением R_1) из влагосодержания d_2 (определяемого R_{t2}).

При синтезе схем для измерения $\Delta\Pi$ зависимость (3) с учетом (9) записывается так:

$$R_{pi} = \frac{R_p}{2} k \Delta\Pi, \quad (13)$$

где коэффициент k определяется из условия

$$R_p = \frac{R_p}{2} k \Delta\Pi_{шк}. \quad (14)$$

Так как измерительная схема реагирует только на изменение R_{t2} , не зависящее от изменения R_{t1} , то измерение перепада Π сводится к измерению влагосодержания воздуха во 2-й контрольной точке. Это означает, что $\Delta\Pi$ в (13) можно заменить величиной d , тогда с учетом (5) уравнение (3) запишется так:

$$R_{pi} = \frac{R_p}{2} \frac{R_{t2} + B_1}{k' B_2 R_{t2} + k' B_3}. \quad (15)$$

Подстановка в (15) значения R_{pi} из (9) дает:

$$\frac{R_{t2} - R_1 + 2n \frac{a_2}{a_1} R_1 + \frac{a_3}{a_1} R_{np} + R_{л}}{n \frac{a_2}{a_1} R_{t2} + n \frac{a_2}{a_1} (R_1 + R_{л}) + \frac{a_3}{a_1} R_{np}} = \frac{R_{t2} + B_1}{k' B_2 R_{t2} + k' B_3} \quad (16)$$

Полученное равенство дает систему уравнений

$$\begin{cases} B_1 = -R_1 + 2n \frac{a_2}{a_1} R_1 + \frac{a_3}{a_1} R_{np} + R_{л}; \\ k' B_2 = n \frac{a_2}{a_1}; \\ k' B_3 = n \frac{a_2}{a_1} (R_1 + R_{л}) + \frac{a_3}{a_1} R_{np} \end{cases} \quad (17)$$

из которых определяются расчетные выражения для R_n , R_n и g . Задаваясь примерными значениями $g_{ш}$ и n и, полагая $g_2 = g_3 = g_4 = g$, последовательными приближениями с проверкой по уравнению (9) (для нескольких значений d_1 (R_1) на нижней и верхней отметках шкалы) рассчитываются значения R_n , R_n и g .

Расчет целесообразно производить на простых ЭЦВМ (например, типа «Проминь»).

Реализация схемы существенно упрощается при равенстве напряжений питания $U_1 = U_2$. С этой целью для обеспечения требуемого значения n и ограничения протекающих через датчики токов в цепях источников питания устанавливаются гасящие сопротивления $R_{б1}$ и $R_{б2}$, рассчитываемые по формулам:

$$R_{б1} = \frac{U_1(1-\alpha)}{\alpha I_{1ист}}; \quad (18)$$

$$R_{б2} = \frac{U_1(1-\alpha n)}{\alpha I_{2ист}}, \quad (19)$$

где α — отношение допустимого тока через датчик к расчетному току, полученному при отсутствии $R_{б1}$ и $R_{б2}$;

$I_{1ист}$, $I_{2ист}$ — токи в цепях источников питания при отсутствии сопротивлений $R_{б1}$ и $R_{б2}$.

В работе показано, что прибор, полученный для измерения перепада влагосодержаний воздуха, легко может быть использован для измерения локального влагосодержания воздуха. Для этого необходимо, как показано на рис. 4, удалить в схеме датчик R_{11} и отключить компенсационный мост. В работе приведена методика расчета такой схемы.

Во второй главе дан также анализ погрешности измерений при использовании синтезированных схем. В частности показано, что погрешность прибора для измерения перепада влагосодержаний воздуха зависит от диапазона работы датчиков и предела измерения схемы и в определенных случаях он может не входить даже в 4-й класс точности. В этом случае прибор можно рассматривать как устройство, имеющее точность, достаточную лишь для применения его в системах автоматизации сушильных установок.

Показано, что рассмотренные измерительные схемы могут быть использованы и в случае применения вместо электролитических датчиков гигрометров точки росы, а также психро-

метрического метода, поскольку между равновесной температурой и температурой точки росы существует практически линейная зависимость и эти температуры обычно также измеряются термометрами сопротивления.

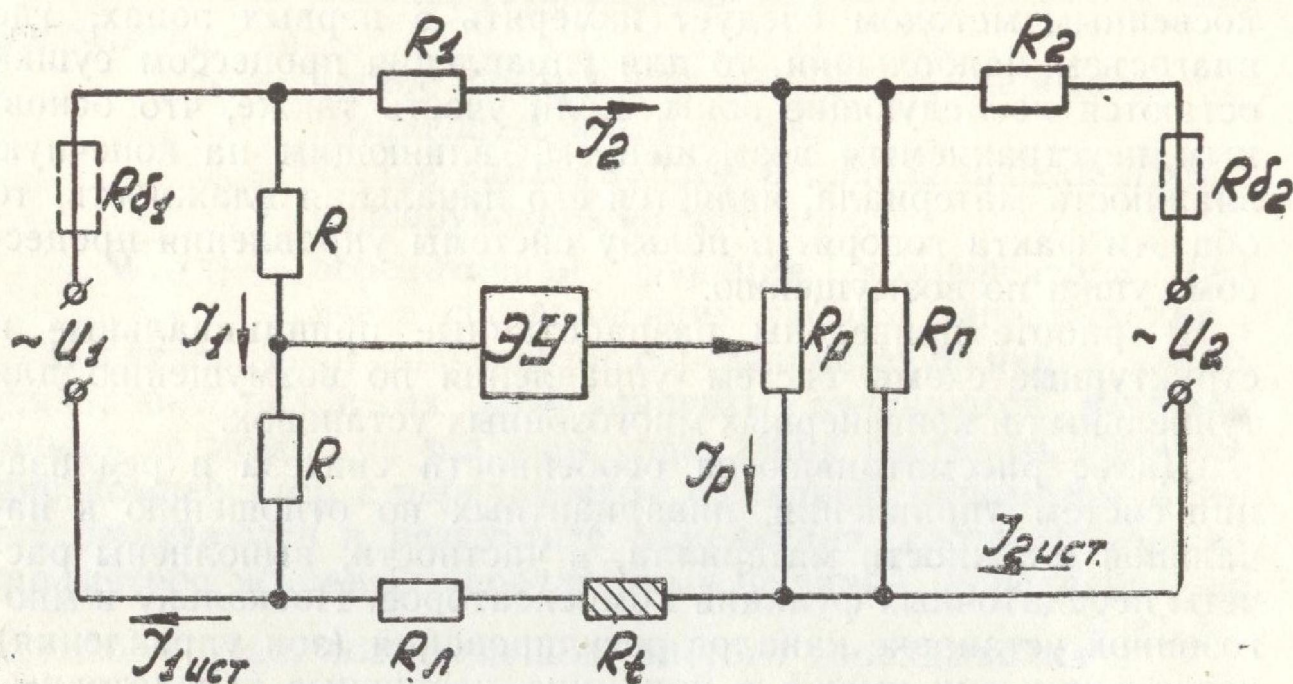


Рис. 4.

В конце главы приведены расчеты конкретного прибора для измерения начальной влажности сахара-рафинада и общей погрешности такого измерения.

В третьей главе рассматриваются возможные способы управления многозонными сушильными установками, в которых может быть применен рассмотренный выше косвенный метод измерения влажности материалов.

Показано, что для устранения возмущающих воздействий со стороны температуры греющего воздуха система автоматического управления должна включать в себя, прежде всего, локальные системы стабилизации этой температуры во всех зонах, с коррекцией этих температур в соответствии с измеренной текущей влажностью материала.

Далее рассматриваются особенности реализации предлагаемого принципа коррекции. Показано, что измерять среднюю влажность материала и корректировать температурный режим сушки по влажности воздуха в одной и той же зоне невозможно как по условиям измерения влажности материала, так и вследствие наличия (при сушке некоторых материалов) обратной положительной связи между влагосодер-

жанием воздуха и его температурой. Однако в многозонных установках имеется возможность в одних зонах стабилизировать температуру воздуха и измерять среднюю влажность материала, а в других зонах корректировать температурный режим сушки. Поскольку среднюю влажность материала косвенным методом следует измерять в первых зонах, где влагосъем наибольший, то для управления процессом сушки остаются последующие зоны. Если учесть также, что основным неустранимым возмущением, влияющим на конечную влажность материала, является его начальная влажность, то оба эти факта говорят в пользу системы управления процессом сушки по возмущению.

В работе приведены разработанные принципиальные и структурные схемы систем управления по возмущению для туннельных и конвейерных многозонных установок.

Далее рассматриваются особенности синтеза и реализации систем управления, инвариантных по отношению к начальной влажности материала, в частности, выполнены расчеты передаточных функций компенсаторов. Поскольку в многозонной установке каналов регулирования (зон управления) несколько и они имеют, в принципе, различные передаточные функции, то для обеспечения условия инвариантности на каждую зону управления необходимо ставить отдельный компенсатор со своей передаточной функцией $W_k(s)$. Т. к. условие инвариантности для многозонной установки содержит несколько неизвестных передаточных функций компенсаторов $W_{ki}(s)$, то для их определения необходимо задаться дополнительными условиями, например, компенсации в статике в каждой зоне управления лишь определенной доли $\left(\frac{1}{n_i}\right)$

отклонения начальной влажности и абсолютной динамической инвариантности для каждой зоны управления в отдельности; при этом для полной статической компенсации возмущений должно выполняться условие

$$\sum \frac{1}{n_i} = 1. \quad (20)$$

Значения $\frac{1}{n_i}$ можно выбирать, например, из условия равной недокомпенсации в зонах, или из условия, чтобы недокомпенсация в зонах была обратно пропорциональна коэффициентам усиления соответствующих каналов регулирования.

Сушильные установки обладают существенным транспортным запаздыванием, поэтому передаточные функции компенсаторов получаются в виде:

$$W_{ki}(s) = \bar{W}_{ki}(s) e^{-\tau_{ki}s}, \quad (21)$$

где $\tau_{ki} = \tau_{bi} - \tau_{pi}$,

τ_{bi} — чистое запаздывание в канале передачи возмущающего воздействия;

τ_{pi} — чистое запаздывание в канале передачи компенсирующего воздействия;

$\bar{W}_{ki}(s)$ — передаточная функция компенсатора без учета составляющих чистого запаздывания.

В случае, если полученные передаточные функции имеют одинаковый вид и их коэффициенты отличаются незначительно, то можно на все зоны управления поставить один общий компенсатор с передаточной функцией, параметры которой получаются в результате усреднения соответствующих параметров исходных передаточных функций. Усреднению не подлежат лишь составляющие чистого запаздывания $e^{-\tau_{ki}s}$, которые остаются неизменными и подлежат реализации в соответствующих каналах передачи компенсирующего воздействия.

Эффективность вышеизложенного способа управления показана на примере автоматизации промышленной многозонной сушильной установки для сахара-рафинада (содержание IV-й и V-й глав).

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований указанной сушильной установки. В объем выполненных исследований входило: изучение работы сушильной установки в производственных условиях; выявление основных возмущающих воздействий, влияющих на конечную влажность сахара-рафинада; экспериментальное определение динамических характеристик установки, синтез и реализация системы управления процессом сушки.

Исследование работы сушильной установки проводилось методами статистической динамики вследствие невозможности стабилизации некоторых входных величин и необходимости математического описания возмущающих воздействий, представляющих случайные функции времени.

Контролировались следующие входные и выходные величины установки: расход сахара, начальная влажность и температура сахара, фракционный состав сахара, давление гре-

ющего пара, начальное влагосодержание воздуха, конечные влажность, температура, крепость и цветность сахара-рафинада.

Проведенные исследования неавтоматизированной сушильной установки показали, что:

Сушильная установка работала, как правило, при постоянной максимальной производительности 38—39 кг (пачек) сахара в минуту, на входе в установку температура сахара изменялась в пределах 40—55° С, фракционный состав характеризовался средним размером кристалла $C_p = 0,55$ мм и коэффициентом неоднородности $K_n = 50\%$, начальная влажность сахара w_n изменялась в значительных пределах (в среднем от 1 до 2%), что объяснялось неравномерной работой центрифуг; на выходе установки конечная температура сахара составляла 45—60° С (выше допустимой), крепость и цветность сахара находились в пределах нормы, конечная влажность сахара w_k изменялась в пределах от 0,08 до 0,86% при среднем значении 0,357%; установлены колебания веса пачек высушенного сахара ΔG ($\sigma = 5,5$ г при номинальном весе пачки 1000 г), объясняемые изменением начальной влажности сахара и регулированием конечного веса по начальному весу пачки. Отмеченные значительные колебания давления греющего пара P_n перед установкой ($\sigma = 0,155$ кгс/см²) обуславливались неравномерной работой вакуумаппаратов, питаемых паром из общего с сушильной установкой паропровода.

Т а б л и ц а 1

Статистические характеристики показателей работы сушильной установки

Величина	Математическое ожидание m_x	Дисперсия D_x	Среднеквадратичное отклонение σ_x	Время спада корреляционной функции τ_0 , сек
ΔG , кг	+0,001	0,0305	0,0055	600
w_k , %	0,357	0,0177	0,0133	3000
P_n , кгс/см ²	1,71	0,024	0,155	600
w_n , %	1,27	0,0287	0,169	3000

Для изучения кинетики сушки сахара-рафинада были экспериментально получены кривые сушки при различной

начальной влажности сахара и зависимости средней температуры сахара от времени сушки. В частности, было выяснено, что критическая влажность сахара достигается уже в начале первой зоны. Это было учтено при выборе места установки датчиков влажности воздуха.

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1) значительные колебания конечной влажности сахара-рафинада обусловлены колебаниями входных воздействий;

2) при темпе работы линии 38—39 кг сахара в минуту тепла, подводимого к сушильной установке, недостаточно для получения конечной влажности сахара-рафинада ($w_k = 0,2\%$), предусмотренной ГОСТом.

Для определения степени влияния входных величин на конечную влажность сахара и синтеза САУ были определены динамические характеристики установки по следующим каналам:

1) начальная влажность — конечная влажность сахара;

$$W_{об}(s) = 0,57e^{-1440s}; \quad (22)$$

2) температура воздуха в каждой из четырех зон — конечная влажность сахара

$$W(s) = \frac{k}{Ts+1} e^{-\tau s}, \quad (23)$$

где:

зона	τ , сек	T, сек	k, %/°C
1	1290	510	—0,026
2	960	510	—0,035
3	540	450	—0,04
4	270	360	—0,02

3) начальная влажность сахара — показания влагомера

$$W_{из}(s) = \frac{1}{(186s+1)(80s+1)} e^{-120s}. \quad (24)$$

4) давление воздуха на регулирующем паровом клапане калорифера — температура воздуха в центре зоны (передаточная функция вида (23)):

зона	τ , сек	T, сек	k, °C·кгс ⁻¹ ·см ²
1	30	420/570	—9,6
2	30	450/960	—9,5

с. в. 12091

3	60	630/960	—7,5
4	30	540	—6,5

Примечание. В числителе дроби указывается значение временной постоянной при перемещении клапана в сторону открытия, в знаменателе — в сторону закрытия.

Динамические характеристики по каналам 1 и 2 определялись статистическими методами с использованием авто- и взаимокорреляционных функций, а по каналам 3, 4 — по кривым разгона.

Исследования канала 3 показали, что запаздывание в 120 сек. является чисто транспортным, а амплитудно-частотная характеристика с увеличением частоты монотонно убывает, причем, десятипроцентное ее уменьшение (по сравнению с нулевой частотой) соответствует частоте $\omega = 0,0025$ рад/сек. Как показали исследования частотного спектра возмущающих воздействий по этому каналу, данная частота является практически максимально возможной.

Временные постоянные калориферов (канал 4), исключая калорифер 4-й зоны, при перемещении парового клапана в сторону открытия и закрытия имеют различные значения.

Полученные динамические характеристики установки позволили установить, что основным возмущающим воздействием на конечную влажность сахара является его начальная влажность. Влияние изменения давления греющего пара, (проявляющееся через изменение температуры греющего воздуха в зонах), из-за примерного совпадения периода его колебаний с временем сушки сахара в установке незначительно.

В пятой главе на основе проведенных исследований был выполнен синтез САУ.

При этом были учтены общие принципы управления и методы расчета систем, изложенные в третьей главе.

Было выяснено, что система стабилизации конечной влажности сахара должна состоять из: контура стабилизации давления греющего пара перед сушильной установкой, контура стабилизации температуры греющего воздуха в первой зоне установки, где измеряется влажность сахара, системы компенсации возмущений по начальной влажности сахара во второй и последующих зонах, включающей датчик влажности сахара, компенсаторы и регулирующие паровые клапаны.

При расчете компенсаторов в передаточных функциях калориферов были приняты временные постоянные, соответст-

вующие кривым разгона при перемещении регулирующих клапанов в сторону открытия. Это решение объясняется тем, что во избежание недосушивания сахара более высокая точность работы системы должна соответствовать работе ее именно при перемещении клапанов в сторону открытия.

Проведенные расчеты показали, что регулирующей способности одной 2-й зоны недостаточно для компенсации имеющихся место возмущений по начальной влажности сахара. Поэтому были рассчитаны передаточные функции компенсаторов при управлении одновременно 2-й и 3-й зонами, причем, ставилось условие, чтобы в каждой зоне компенсировалось 50% действующих возмущений. Привлечение к управлению 4-й зоны оказалось нецелесообразным.

Так как полученные передаточные функции компенсаторов отличались незначительно, то можно было ограничиться одним компенсатором, состоящим из 4-х форсирующих звеньев с передаточной функцией

$$\bar{W}_k(s) = 0,9(80s + 1)(186s + 1)(450s + 1)(570s + 1) \quad (25)$$

и двух соответственно включенных звеньев чистого запаздывания с временем задержки 330 и 720 сек.

С целью упрощения компенсатора были исследованы его частотные свойства (АФХ). Оказалось, что блок из 4-х форсирующих звеньев с передаточной функцией (25) можно заменить блоком из 3-х форсирующих звеньев с одинаковой временной постоянной

$$\bar{W}'_k(s) = 0,9(412s + 1)^3. \quad (26)$$

Величина временной постоянной T была определена из условия равенства сдвига фазы АФХ расчетного и аппроксимированного блоков форсирующих звеньев для частоты $\omega = 0,0025$ рад/сек. с последующей проверкой совпадения АФХ во всем рабочем диапазоне частот от 0 до 0,0025 рад/сек.

Компенсатор был реализован с использованием пневматических блоков предварения типа ПФ2.1. Принципиальная схема САУ сушкой сахара-рафинада изображена на рис. 5.

Качество работы системы при воздействии на нее гармонических и случайных возмущений было исследовано на АВМ. При этом были учтены нелинейности, в частности, экспериментально установленные нелинейности калориферов, связанные с изменением их временной постоянной при изменении направления перемещения регулирующих клапанов, а

также нелинейность, связанная с ограничением величины управляющего воздействия на выходе компенсатора.

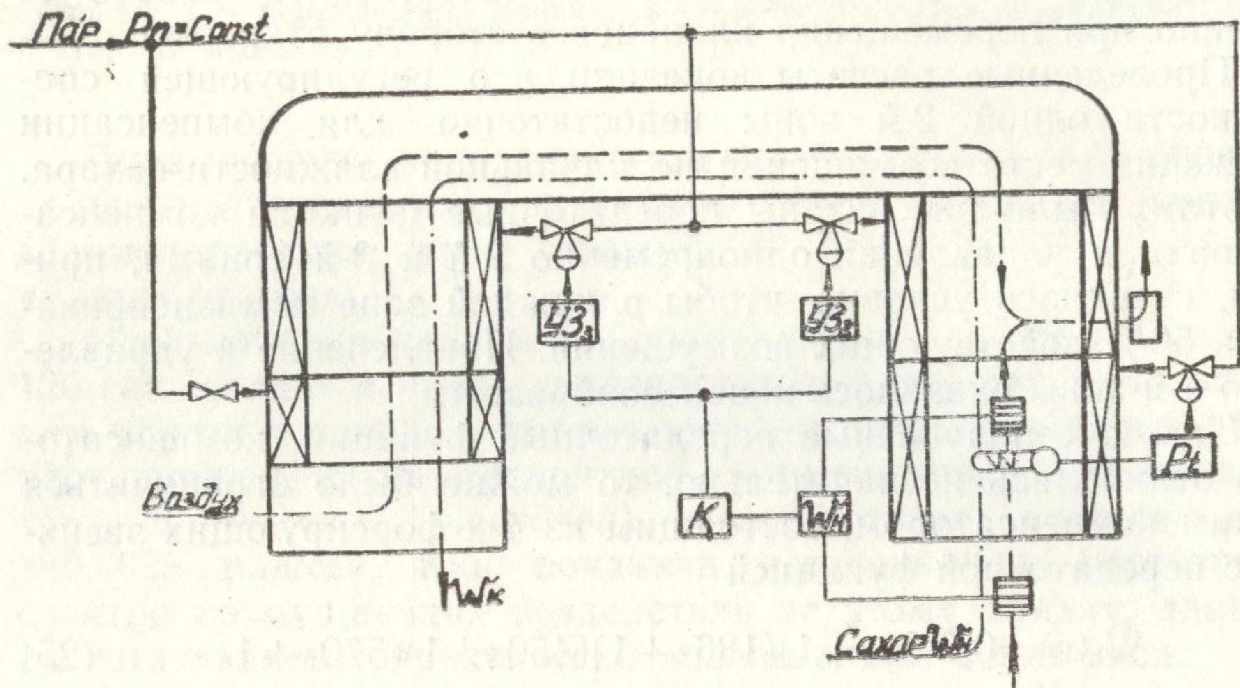


Рис. 5.

В качестве показателей качества работы системы были приняты среднеквадратичное отклонение и среднее значение отклонения от номинала конечной влажности сахара. При этом работа САУ оценивалась по относительному уменьшению принятых показателей по сравнению с нерегулируемой системой. Дополнительным условием являлось также ограничение отклонения конечной влажности сахара от номинала на 0,08%.

Проведенные на АВМ исследования показали хорошее качество работы системы. Так, для возмущений типа случайных воздействий (экспериментальная реализация) среднеквадратичное отклонение конечной влажности сахара-рафинада составило 30% от того же показателя в нерегулируемой системе.

Отклонения конечной влажности сахара не превышали допустимых пределов.

На основе полученных показателей качества работы системы, соответствующих максимально возможной в системе частоте возмущающих воздействий, требований ГОСТа к влажности высушенного сахара с учетом подсушки его в

складе были окончательно сформулированы требования к САУ — она должна поддерживать среднее значение конечной влажности сахара на уровне $0,2 \pm 0,08\%$.

Выводы по работе

1. Показано, что в сушильных установках основным устраняемым возмущением, влияющим на конечную влажность материала, является его начальная влажность.

2. Экспериментально найден и обоснован метод измерения средней влажности материала в начальных зонах многозонных установок по перепаду влагосодержаний воздуха на входе и выходе этих зон.

3. Показано, что в одной и той же зоне измерять среднюю влажность материала и корректировать температурный режим сушки невозможно как по условиям измерения влажности материала, так и вследствие наличия обратной положительной связи между изменениями температуры греющего воздуха и его влагосодержания.

4. Предложен способ управления процессом сушки в многозонных установках, заключающийся в измерении средней влажности материала по перепаду влагосодержаний воздуха в одной из начальных зон и коррекции температурного режима сушки в последующих зонах. Предложенный способ управления применим для многозонных установок с параллельным и перекрестным движением воздуха и материала.

5. Разработан прибор для измерения влагосодержания воздуха, дающий выходной сигнал, пропорциональный измеряемому параметру и дана методика его расчета.

6. Разработан прибор для измерения перепада влагосодержаний воздуха в сушильной установке и дана методика его расчета.

7. Предложенный способ управления процессом сушки и прибор для измерения влажности высушиваемых материалов косвенным методом применены при автоматизации промышленной многозонной сушильной установки для сахара-рафинада.

При этом:

а) произведен анализ работы сушильной установки в производственных условиях, определены динамические характеристики установки, выявлены основные возмущения, влияющие на конечную влажность сахара-рафинада;

б) произведен синтез системы управления процессом сушки по возмущению, в том числе: синтез компенсирующего устройства и расчет прибора для измерения начальной влажности сахара косвенным методом;

в) работоспособность синтезированной системы при действии на нее различных по форме возмущений предварительно была исследована на аналоговой вычислительной машине. При этом было выявлено хорошее качество системы во всем рабочем диапазоне частот возмущающих воздействий.

8. Синтезированная система, реализованная на пневматических элементах УСЭППА, позволила стабилизировать конечную влажность сахара-рафинада, что привело к снижению брака продукции. Промышленные испытания системы подтвердили технологическую и экономическую целесообразность ее применения. Экономическая эффективность САУ — 10,5 тыс. руб. в год.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Демченко В. А., Пасс А. Е. Способ автоматического управления процессом непрерывной сушки. Авторское свидетельство № 335512 от 15 августа 1969 г., бюллетень № 13, 1972 г.

2. Кон Л. И., Демченко В. А., Радзиевский Ю. П., Яковлев А. В. Косвенный метод измерения влажности рафинадной каши. «Сахарная промышленность», 1971, № 8.

3. Кон Л. И., Демченко В. А. Экспериментальные исследования сушильной установки для сахара-рафинада как объекта автоматического управления. «Сахарная промышленность», 1971, № 9.

4. Демченко В. А. Метод и прибор для измерения влажности материалов в сушильных установках. Материалы II Всесоюзной конференции «Механика сыпучих материалов», Одесса, 1971.

5. Кон Л. И., Демченко В. А., Макшин Е. Г. Прибор для измерения влажности сахара-рафинада в сушильной установке. «Сахарная промышленность», 1971, № 10.

6. Демченко В. А. О возможных способах управления сушкой сахара-рафинада в многозонных установках. «Сахарная промышленность», 1972, № 4.

Работа докладывалась и обсуждалась:

1) на конференции по совершенствованию методов определения влагосодержания в различных средах на основе применения новых влагомерных приборов, Киев, 1970 (дополнительное сообщение);

2) на научной конференции МТИПП, посвященной XXIV съезду КПСС, Москва, 1971;

3) на IV Республиканском координационном семинаре по динамике тепловых процессов, Киев, 1971;

4) на 11-й Всесоюзной конференции: «Механика сыпучих материалов», Одесса, 1971;

5) на V Республиканском координационном семинаре по динамике тепловых процессов, Одесса, 1972.