МИНИСТЕРСТВО МОРСКОГО ФЛОТА

СУДОВЫЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА. ПРАВИЛА И МЕТОДЫ НАЛАДКИ

РД 31.21.71 — 79

МОСКВА ЦРИА «МОРФЛОТ»
1980

зеркально-бодрая

МИНИСТЕРСТВО МОРСКОГО ФЛОТА

СУДОВЫЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА. ПРАВИЛА И МЕТОДЫ НАЛАДКИ

РД 31.21.71—79

МОСКВА·ЦРИА «МОРФЛОТ»
1980

РАЗРАБОТАН Центральным ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательским институтом морского флота

Зам. директора по научной работе — канд. техн. наук *С. Н. Драницын*
Руководитель разработки — *В. Г. Александров*
Ответственный исполнитель — *В. И. Лысев*
Соисполнитель — Одесское высшее инженерное морское училище
Зам. начальника по научной работе — доцент *В. А. Грехов*
Ответственный исполнитель — канд. техн. наук *Н. П. Агафонов*

СОГЛАСОВАН ЦК профсоюза рабочих морского и речного флота

Зав. отделом охраны труда — *Ф. П. Каниболоцкий*
Управлением технической эксплуатации флота и судоремонтных заводов ММФ
Главный инженер — *Ю. П. Бабий*
ЛЦПКБ
Главный инженер — *В. А. Галицкий*
МСП, МРХ, МРФ РСФСР

УТВЕРЖДЕН Управлением организации труда и заработной платы ММФ
Зам. начальника — *Т. Н. Новиков*

Судовые системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Правила и методы наладки. РД 31.21.71—79. М., ЦРИА «Морфлот», 1980, 32 с.

© Центральное рекламно-информационное агентство ММФ (ЦРИА «Морфлот»), 1980 г.

Судовые системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Правила и методы наладки

РД 31.21.71—79
Введен впервые

Извещением по безопасности труда от 7 февраля 1980 г. № 1-80 срок введения установлен с 1 января 1981 г.

Настоящий руководящий документ распространяется на наладку находящихся в эксплуатации судовых систем вентиляции (СВ) и систем кондиционирования воздуха (СКВ), а также сдаваемых после постройки или ремонта СВ и СКВ.

РД устанавливает единые правила и методы наладки судовых СВ и СКВ.

Наладке подлежат:

оборудование СВ, кондиционеры центральные и автономные;

сеть воздуховодов СВ и СКВ;

устройства автоматизации.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Наладка проводится с целью обеспечения:

проектных расходов приточного и вытяжного воздуха;

требуемого режима работы оборудования и устройств автоматизации СВ и СКВ.

1.2. Перед началом работы по наладке СВ и СКВ необходимо:

ознакомиться с проектной документацией;

осмотреть смонтированные СВ и СКВ;

выявить недостатки и недоделки монтажных работ;

составить при необходимости рабочие схемы для наладки систем и таблицы расходов воздуха помещений, оборудованных указанными системами;

подготовить необходимые инструменты и приборы для испытаний;

выполнять работы, предусмотренные инструкцией по эксплуатации кондиционера (установку и подготовку к работе).

1.3. Наладка должна проводиться по программе, составленной на основе проекта СВ и СКВ, согласованного с заказчиком.

Примечания: 1. Программы работ по технологической и холодильной частям и по автоматике должны быть увязаны между собой.

2. К началу испытаний в соответствии с программой работ устанавливают и наносят на рабочие схемы систем места инструментальных замеров.

1.4. Работы по наладке СВ и СКВ проводят в следующей последовательности:

аэродинамическая наладка воздухораспределительных сетей и аппаратов СВ и СКВ;

проверка работы оборудования СВ и СКВ (кондиционеры, воздухоохладители и воздухонагреватели) по прямому назначению;

наладка воздухонагревателей (приложение 1);

поузловые испытания и наладка устройств автоматизации.

1.5. Наладочные работы по автоматике должны выполняться совместно с работами по наладке СВ и СКВ, а также холодильной части СКВ.

1.6. При проведении работ по наладке систем не разрешается:

изменять принципиальные проектные решения;

менять заводскую регулировку контрольно-измерительных приборов.

1.7. По данным наладочных работ может быть проведена частичная паспортизация оборудования СВ и СКВ.

1.8. Наладочные работы должны выполняться с соблюдением требований действующих правил по безопасности труда.

1.9. После проведения наладочно-регулировочных работ необходимо провести контрольные замеры параметров воздушной среды в объеме, предусмотренном ОСТ 5.5086—76.

2. АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ НАЛАДКА СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

2.1. Общие положения

2.1.1. Аэродинамическую наладку СВ и СКВ производят с целью:

определения количества воздуха в центральных и автономных кондиционерах СКВ с замером наружного и рециркуляционного воздуха (для систем с рециркуляцией);

установления расчетной воздухоподачи через воздухораспределительные устройства СВ и СКВ;

определения соответствия расчетных и фактических количеств воздуха вентилируемых и кондиционируемых помещений;

определения (при необходимости) производительности и полного давления вентиляторов;

определения скорости, давления, количества воздуха в воздуховоде и сопротивления отдельных элементов СВ и СКВ в случае необходимости.

2.1.2. До начала наладки необходимо проверить:

исправность вентилятора (в соответствии с инструкцией завода-изготовителя); правильность монтажа, сопротивление изоляции и исправность электропитания;

правильность вращения вентилятора путем кратковременного его пуска от штатного пускателя;

состояние сети, соответствие ее геометрических размеров проекту. Устранить негерметичность сети, засоры и т. п.

2.1.3. Вся регулирующая арматура и исполнительные устройства регуляторов статического давления должны быть полностью открыты, а смесительные и распределительные воздушные клапаны — установлены в положение, соответствующее спецификационному расходу воздуха по каналам.

2.1.4. Аэродинамическое сопротивление отдельных элементов СВ и СКВ — подогревателей, охладителей, увлажнителей, клапанов и т. п. — следует определять по ОСТ 5.5086—72.

Изменение сопротивления в каком-либо одном участке ведет к перераспределению расходов по всем ответвлениям, ввиду чего после первой регулировки при-

ходится ее повторять, а иногда несколько раз. В приложении 2 излагается метод, позволяющий сократить собственно наладочные работы до неизбежного минимума.

2.1.5. Проверка вентиляторов производится в случае невозможности получения необходимой производительности системы с целью определения фактического режима их работы в сети. Фактическая производительность, развиваемое давление и скорость вращения должны быть сопоставлены с данными нормативно-технических документов.

Производительность и давление вентилятора определяют по ОСТ 5.5086—72.

Если полное давление вентилятора соответствует данным нормативно-технических документов, то отклонение производительности системы определяется сетью — или неправильным ее расчетом или некачественной сборкой.

2.1.6. Расход воздуха, проходящего через живое сечение воздухораспределительного устройства или сечение воздуховода, и давление воздушного потока определяют по ОСТ 5.5086—72.

2.2. Регулирование воздухораспределительных сетей

2.2.1. Регулирование сетей следует производить:

по отдельным воздуховыпускным или воздухоприемным отверстиям в каждой ветви системы;

по отдельным ветвям системы.

2.2.2. Регулирование расхода воздуха по отдельным ветвям и отверстиям сети воздуховодов осуществляется прикрытием дросселирующих устройств, в том числе встроенных в воздухораспределитель, либо установкой дополнительных местных сопротивлений — диафрагм на тех участках, где расходы проходящего воздуха превышают проектные.

2.2.3. Регулировка заключается в уравнивании соотношений фактического и проектного расхода воздуха в параллельных отверстиях и ветвях ($V_{факт}/V_{проектн}$) путем искусственного увеличения потерь давления на участках сети, которые пропускают излишние объемы воздуха.

2.2.4. В том случае, когда расходы воздуха по ответвлениям велики, регулирование проводят на сборном участке воздуховода задвижкой, дроссель-клапаном или диафрагмой, а затем суммарный расход распределяют по ответвлениям путем их взаимного дросселирования.

2.2.5. В зависимости от конструктивных особенностей системы регулировка ее по расходу воздуха проводится с помощью пневмометрических трубок или анемометров.

2.2.6. Для сокращения времени проведения регулировки систем до начала замеров рекомендуется составить регулировочную схему с обозначением концевой воздухораспределительной арматуры, регулирующих устройств и мест измерения и таблицу (приложение 2). Для регулировочной схемы следует использовать рабочий чертеж системы, при отсутствии его регулировочную схему выполняют в упрощенном виде (черт. 1 приложения 2).

2.2.7. При регулировке системы с помощью пневмометрических трубок воздуховоды в месте замера снабжаются специальными отверстиями, которые после проведения регулировки закрывают заглушками. Место для измерения следует выбирать на достаточном удалении от предшествующей (по ходу воздуха) фасонной части (практически на расстоянии трех—пяти диаметров).

2.2.8. Регулировка системы заключается в следующем. В системе согласно регулировочной схеме по показаниям микроманометров, присоединенных к пневмотрубкам, определяют точки с избыточным расходом воздуха. С помощью регулировочных устройств поочередно устанавливают соотношение фактических и необходимых расходов в параллельных ответвлениях, начиная с двух наиболее удаленных от вентилятора. Затем производят контрольные замеры по всем точкам и результаты заносят в табл. 1 приложения 2.

2.2.9. Регулировка с помощью анемометров может быть применена в тех случаях, когда по тем или иным причинам внутри воздуховодов замеры выполнить невозможно.

Зная требуемый расход воздуха и площадь живого сечения воздухораспределителя, определяют среднюю

скорость воздуха, выходящего из него. Затем по графику, прилагаемому к анемометру, находят число требуемых делений счетного механизма за 1 с и определяют число счетного механизма за 50 с.

Таким образом, имея регулировочную схему и таблицу к ней (табл. 2 приложения 2), регулировку производят обычным порядком: по показаниям анемометра определяют точки с избыточным расходом воздуха за время для грубой регулировки (50 с), настраивают систему по методу, изложенному в п. 2.2.8, и производят контрольные замеры при $\tau = 100$ с, результаты которых заносят в табл. 1 приложения 2.

2.2.10. Изложенный метод регулировки приемлем, если площадь живого сечения воздуховыпускных (воздухоприемных) устройств в процессе регулировки не изменяется. Если регулировка производится путем их перекрытия, то в каждом отдельном случае определяют не только скорость воздушного потока, но и площадь живого сечения воздухораспределителя (воздухоприемника).

2.2.11. Наладка двухканальной системы заключается в следующем:

установить смеситель в положение, соответствующее полностью открытому каналу, и осуществить наладку в соответствии с пп. 2.2.5—2.2.9;

установить клапан смесителя в положение, соответствующее полностью открытому первому каналу, и произвести наладку в соответствии с пп. 2.2.5—2.2.9 до получения проектных величин.

3. НАЛАДКА УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

3.1. Устройства автоматического регулирования, блокировки, сигнализации, дистанционного контроля и управления системами вентиляции и кондиционирования воздуха должны обеспечивать:

автоматическое поддержание заданных параметров воздуха в обслуживаемых помещениях;

защиту оборудования от аварий;

контроль за работой оборудования.

3.2. В объем работ по испытанию и наладке входят:

подготовительные работы, проверка и испытание устройств;

статическая настройка регуляторов;

определение параметров динамической настройки регуляторов в зависимости от их назначения, принципа регулирования и конструктивного исполнения;

динамическая настройка регуляторов.

3.3. Во время подготовительных работ необходимо:

ознакомиться с актами стендовой проверки и приемки монтажных работ приборов, установленных в системах вентиляции и кондиционирования;

ознакомиться в натуре с расположением пусковой и защитной аппаратуры силового оборудования;

предварительно обследовать объекты и смонтировать устройства автоматизации с целью проверки соответствия этих устройств проекту и выявления дефектов монтажа.

3.3.1. При обследовании устройств автоматизации следует проверить:

правильность установки чувствительных элементов регуляторов и местных приборов с точки зрения обеспеченности нормальных условий их работы (защищенность от посторонних воздействий, размещение в характерных местах, полное омывание средой и т. п.);

правильность размещения и установки регулировочных органов;

наличие расчетных плавких вставок и нагревательных элементов во всей предусмотренной проектом защите.

3.3.2. Проверка исправности механической части и электрической изоляции цепей, приборов и аппаратов, а также предварительная регулировка приборов управления, защиты, блокировки и сигнализации, установленных в цепях силового оборудования, должны производиться сначала при обесточенном щите управления; затем их работа проверяется под напряжением.

3.3.3. При пробном включении устройств автоматизации выполняется проверка:

стабильности работы приборов управления, защиты, блокировки и сигнализации;

работы автоматических регуляторов (датчиков, командных приборов и исполнительных механизмов), а

также их корректирующих устройств и органов настройки;

герметичности пневматических и гидравлических линий.

Выполняется также проверка и устранение излишних люфтов всех механических соединений.

3.4. В объем статической настройки регулятора входит настройка измерительного блока на заданное значение регулируемого параметра, выбор требуемого диапазона действия и цены деления задатчика и зоны нечувствительности регулятора.

3.4.1. Предварительная настройка измерительного блока электронного регулятора производится путем подбора сменных резисторов в измерительной схеме, а точная настройка осуществляется потенциометром «Корректор».

3.4.2. Диапазон действия и цена деления задатчика выбираются согласно статической характеристике датчика с помощью потенциометра «Чувствительность» или с помощью резисторов, шунтирующих задатчик.

3.4.3. Зона нечувствительности регулятора устанавливается потенциометром «Нечувствительность».

3.4.4. Статическая настройка пневморегуляторов производится путем установки требуемых давлений (моментов срабатывания) с помощью переменных и постоянных пневмосопротивлений (дросселей) или изменением положения регулируемых сопел.

3.4.5. При настройке регулятора учитывают требования технологии, характеристику объекта регулирования и изменения нагрузки в нем, принцип регулирования и назначение регуляторов.

При настройке регулятора необходимо установить задатчик его на заданное значение регулируемого параметра, предварительно проверив точность шкалы задатчика по образцовому прибору.

Проверка шкалы задатчика должна проводиться при установившемся значении регулируемого параметра, при этом чувствительный элемент образцового прибора устанавливается в непосредственной близости от чувствительного элемента датчика регулятора.

В пропорциональных регуляторах при установке датчика следует учитывать величину нагрузки в объекте регулирования и положение регулирующего органа в

момент установки задатчика, а в позиционных датчиках, используемых в схемах защиты и блокировки, при установке задатчика следует учитывать инерционность всей схемы, включая датчик.

3.4.6. При настройке позиционных и астатических (интегральных) регуляторов в целях обеспечения устойчивого регулирования дифференциал (зону нечувствительности) датчика следует устанавливать равным или меньше необходимой точности регулирования.

3.4.7. После регулировки отдельных приборов и механизмов необходимо проверить регулятор в целом, определяя четкость взаимодействия его составных частей.

Проверку следует производить путем изменения положения задатчика при постоянстве регулируемых параметров среды или путем изменения этих параметров при фиксированных положениях задатчика.

Примечание. Методика экспериментального определения статических характеристик и кривых гистерезиса регуляторов приведена в приложении 3.

3.5. Определение оптимальных параметров динамической настройки регуляторов производят обычно по переходным характеристикам объектов регулирования с помощью формул или номограмм, учитывающих тип объекта и регулятора и принятый критерий оптимальности.

Примечания: 1. Все объекты регулирования в системах вентиляции и кондиционирования являются объектами с самовыравниванием.

2. Методика экспериментального определения переходных характеристик объектов регулирования и графоаналитического определения динамических параметров этих объектов приведена в приложении 4.

3. Методика расчета оптимальных параметров настройки регуляторов (ПНР) приведена в приложении 5.

3.6. Динамическая настройка регуляторов представляет собой совокупность работ по установке органов настройки в положения, обеспечивающие требуемое качество системы автоматического регулирования в процессе ее эксплуатации.

3.6.1. Если органы настройки регулятора отградуированы в тех же единицах измерения, в которых полу-

чены оптимальные значения ПНР, то органы настройки достаточно установить на рассчитанные отметки.

3.6.2. Если градуировка органов настройки не проверена, то для реализации рассчитанных параметров настройки применяется итерационный метод (метод последовательных приближений).

3.6.3. В случаях, когда средствами настройки регулятора не представляется возможным привести регулируемый параметр в объекте к заданному значению или устранить незатухающие колебания в системе регулирования, рекомендуется внести изменения в систему с учетом технологических возможностей, а именно:

изменить места установки чувствительных элементов датчиков;

изменить количество или качество (остроту) регулирующего агента;

заменить установленный регулятор на регулятор другого типа и с другими характеристиками.

3.7. После настройки регулятора необходимо оценить качество его работы.

Качество регулирования считается удовлетворительным при обеспечении следующих условий:

значения статической ошибки и перерегулирования должны быть равными или меньшими требуемой точности регулирования;

продолжительность переходного процесса должна быть минимальной, при которой обеспечивается устойчивая работа регулятора.

Проверку качества работы регулятора следует вести при изменяющейся нагрузке в расчетных пределах в течение 2—8 ч, в зависимости от характера нагрузки в регулируемом объекте.

Приложение 1
(справочное)

НАЛАДКА ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЕЙ

Наладка воздухонагревателей (как магистральных, так и встроенных) проводится с целью достижения расчетной теплопроизводительности. Перед наладкой воздухонагреватели должны быть очищены от отложений на их внутренних и наружных поверхностях.

При наличии теплоносителя испытания могут производиться при любой температуре воздуха, поступающего в СВ и СКВ. При этом кондиционер или вентилятор должен быть включен на полную мощность.

В процессе наладки определяют:

количество воздуха наружного и рециркуляционного (для систем с рециркуляцией) суммированием расходов по всем вентиляционным каналам, обслуживаемым данным кондиционером (вентилятором);

температуру воздуха, поступающего в воздухонагреватель ($t_{нач}$) и выходящего из него ($t_{кон}$);

давление пара, поступающего в воздухонагреватель.

Показания измерительных приборов снимаются после достижения установившегося теплового режима.

Теплопроизводительность воздухонагревателя в условиях испытания определяют по формуле

$$Q^{ф} = c\gamma V (t_{кон} - t_{нач}),$$

где c — весовая удельная теплоемкость воздуха;
γ — объемный вес воздуха, отнесенный к температуре воздуха в месте замера;
V — количество воздуха, проходящего через аппарат;
$t_{нач}$, $t_{кон}$ — соответственно температура воздуха, поступающего в аппарат и выходящего из него.

Пересчет для определения теплопроизводительности воздухонагревателя в расчетных условиях работы следует производить по формуле

$$Q = Q^{ф} \frac{t_{п} - t_{нач}}{t_{п}^{ф} - t_{нач}^{ф}},$$

где Q — теплопроизводительность воздухонагревателя в расчетных условиях;
$Q^{ф}$ — то же, при испытании;
$t_{п}$ — температура пара в расчетных условиях;
$t_{п}^{ф}$ — то же, при испытании;
$t_{нач}$ — температура воздуха, поступающего в аппарат в расчетных условиях;
$t_{нач}^{ф}$ — то же, при испытании.

Если фактическая теплопроизводительность воздухонагревателя ниже расчетной, следует выяснить возможность увеличения расхода

теплоносителя или его начальной температуры (давления). При невозможности такого увеличения необходимо поставить дополнительный воздухонагреватель или заменить установленный воздухонагреватель на другой с большей поверхностью нагрева.

Если фактическая теплопроизводительность воздухонагревателя превышает расчетную, ее уменьшение следует производить путем:

дросселирования трубопровода теплоносителя — ручным вентилем;

выключения отдельных воздухонагревателей.

Приложение 2
(рекомендуемое)

РАСЧЕТ РЕЖИМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СЕТИ

Регулирование вентиляционной сети состоит из двух этапов:
проведения аэродинамических измерений;
определения положения дроссельных органов.

Работы первого этапа проводят в следующей последовательности.

Составляется рабочая схема системы с указанием мест измерения и нумерацией участков. Места замеров показаны на примере схемы сети. На схеме дается нумерация сечений замера. Рекомендуется сначала нумеровать ответвления, потом — транзитные и магистральные участки.

При открытых дроссельных органах производят измерения следующих величин:

расхода воздуха в ответвлениях и полного давления воздушного потока перед тройниками;

фактической производительности вентилятора;

полного давления, развиваемого вентилятором, при фактическом и необходимом расходах воздуха.

Примечание. При отсутствии доступа к вентилятору его полное давление принимается по паспортным данным.

На втором этапе по результатам замеров заполняется табл. 3 (части таблицы, обозначенные полужирными линиями, не заполняются) в следующей последовательности.

Первые три строки заполняют по результатам проведенных замеров. В 4-ю строку записывают фактическую характеристику участка $S_{факт}$, которую вычисляют по формуле

$$S_{факт} = \frac{H}{L^2},$$

где L — расход воздуха на участке сети;
H — сопротивление участка, т. е. разность полных давлений на его границах.

Примечание. Участок характеризуется постоянством расхода воздуха.

Определяют характеристику каждого ответвления при необходимом расходе (7-я строка):

$$S_{необх.отв_i} = \frac{H_{необх.вент} - \Sigma H_{необх}}{L^2_{необх.отв_i}},$$

где $H_{необх.вент}$ — полное давление вентилятора при необходимом расходе;
$\Sigma H_{необх}$ — сумма сопротивлений магистрали и транзитных участков (6-я строка) до того ответвления, где определяется характеристика;
$L_{необх.отв_i}$ — необходимый расход воздуха в i-м ответвлении (5-я строка).

Так как транзитные и магистральные участки не регулируются, т. е. не меняются их характеристики, то пересчитанные с фактического на необходимый расход сопротивления этих участков определяют по известной квадратичной зависимости

$$H_{необх} = H_{факт} (L_{необх}/L_{факт})^2.$$

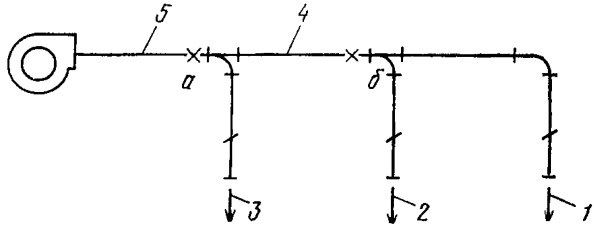


Схема сети

После вычисления необходимых характеристик всех ответвлений определяют разность $S_{необх} - S_{факт}$ (8-я строка) и с помощью номограммы (черт. 3) по вычисленной разности характеристик, сечению воздуховода и типу дроссельного устройства определяют расчетное положение этого дросселя.

После определения расчетных положений всех дроссельных устройств их устанавливают в эти положения. Затем производят контрольный замер расходов во всех ответвлениях или выборочно (10-я строка). Невязку расходов записывают в 11-ю строку. После дополнительной подрегулировки расходов в тех ответвлениях, где невязка расходов превышает допустимую, записывают окончательные расходы в 12-ю строку.

Пример. Дана сеть (черт. 2), состоящая из трех ответвлений *1, 2, 3,* транзитного *4* и магистрального *5* участков. В ответвлениях установлены дроссельные клапаны. Диаметры всех участков одинаковы и равны 0,15 м. Необходимый (например, по проекту) расход воздуха через каждое ответвление $L_{необх} = 360$ м³/ч $= 0{,}1$ м³/с. Для упрощения расчета примем полное давление вентилятора в диапазоне регулируемых расходов неизменным $H_{необх} = 40$ кг/м².

Полное давление в точках *а* и *б* (см. черт. 2) по результатам замеров $H_а = 30$ кг/м² и $H_б = 20$ кг/м². Фактический расход воздуха через каждое ответвление $L_{факт} = 720$ м³/ч $= 0{,}2$ м³/с.

Требуется определить положение дроссельного устройства, при котором обеспечивается необходимый расход.

Для решения поставленной задачи необходимо определить:

1) фактическое сопротивление участков:

$$H_{факт.1} = H_{факт.2} = H_б = 20 \text{ кг/м}^2;$$

$$H_{факт.4} = H_а - H_б = 30 - 20 = 10 \text{ кг/м}^2;$$

$$H_{факт.3} = H_{факт.1} + H_{факт.4} = 20 + 10 = 30 \text{ кг/м}^2;$$

$$H_{факт.5} = H_{вент} - H_a = 40 - 30 = 10 \text{ кг/м}^2;$$

2) фактические характеристики ответвлений:

$$S_{факт.1} = S_{факт.2} = \frac{H_{факт.1}}{L^2_{факт.1}} = \frac{20}{0{,}2^2} = 500 \text{ кг}\cdot\text{с}^2/\text{м}^8;$$

$$S_{факт.3} = \frac{H_{факт.3}}{L^2_{факт.3}} = \frac{30}{0{,}2^2} = 750 \text{ кг}\cdot\text{с}^2/\text{м}^8;$$

3) сопротивления транзитного и магистрального участков, пересчитанные с фактического на необходимый расход:

$$H_{необх.4} = H_{ф.\,кт.4}\left(\frac{L_{необх}}{L_{факт}}\right)^2 = 10\left(\frac{0{,}2}{0{,}4}\right)^2 = 2{,}5 \text{ кг/м}^2;$$

$$H_{необх.5} = H_{факт.5}\left(\frac{L_{необх}}{L_{факт}}\right)^2 = 10\left(\frac{0{,}3}{0{,}6}\right)^2 = 2{,}5 \text{ кг/м}^2;$$

4) характеристики ответвлений при необходимом расходе:

$$S_{необх.1} = S_{необх.2} = \frac{H_{вент} - (H_{необх.4} + H_{необх.5})}{L^2_{необх.отв}} =$$

$$= \frac{40 - (2{,}5 + 2{,}5)}{0{,}1^2} = 3500 \text{ кг}\cdot\text{с}^2/\text{м}^8;$$

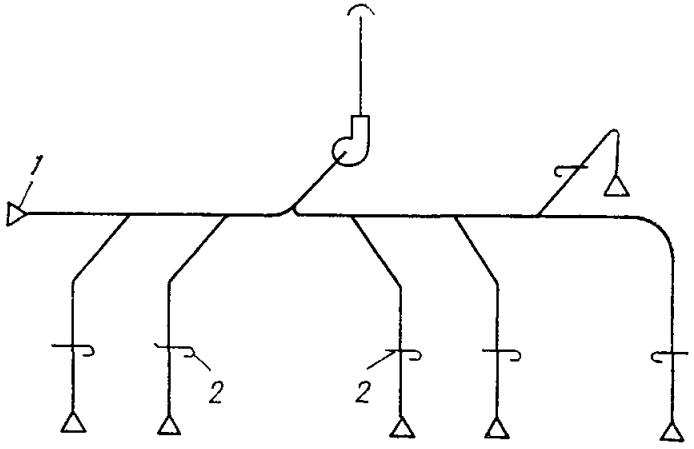
$$S_{необх.3} = \frac{H_{вент} - H_{необх.5}}{L^2_{необх.отв}} = \frac{1}{0{,}1^2}(40 - 2{,}5) = 3750 \text{ кг}\cdot\text{с}^2/\text{м}^8;$$

5) разность характеристик ответвлений:

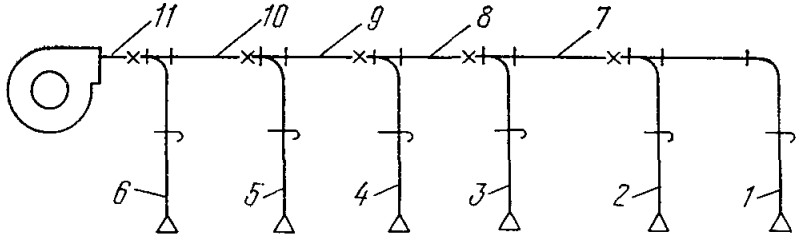
$$\Delta S_1 = \Delta S_2 = S_{необх.1} - S_{факт.1} = 3500 - 500 = 3\cdot10^3 \text{ кг}\cdot\text{с}^2/\text{м}^8;$$

$$\Delta S_3 = S_{необх.3} - S_{факт.3} = 3750 - 750 = 3\cdot10^3 \text{ кг}\cdot\text{с}^2/\text{м}^8.$$

По разности $\Delta S = 3\cdot10^3$ кг·с/м^8, диаметру $d = 0{,}15$ м по номограмме (черт. 3) определяем, что дроссельный клапан должен быть установлен на угол $\alpha = 42°$.



Черт. 1. Настроечная схема:
1 — воздухораспределительная концевая арматура; *2* — регулировочная арматура



Черт. 2. Схема сети воздуховодов

Таблица 1

т/х _____

№ точек по настроечной схеме	V, м³/ч	d, мм	Динамическое давление в точках сечения, кг/м²						$P_{д}^{ф}$, кг/м²	$W_{ср}$, м/с	$V_{замер}$, м³/ч	Примечание
			1	2	3			n				

Примечание. Расход воздуха в зависимости от диаметра воздуховода и скорости воздушного потока определяется по ОСТ 5.5086—72.

Таблица 2

т/х _____ _____

№ точек по настроечной схеме	Габаритная площадь F, м^2	Площадь живого сечения $F_{ж.с}$, м^2	Требуемые величины				Замеренные величины				Контрольные величины			
			Расход воздуха $V_{тр}$, м^3/ч	W, м/с	n за 1 с	n за 50 с	n за 50 с	n за 1 с	W, м/с	$V_{замер}$, м^3/ч	n за 100 с	n за 1 с	W, м/с	V, м^3/ч

Таблица 3

т/х _____

Расчет режимов регулирования вентиляционной сети

№ п/п	Величина		Единица	Номера ответвлений: 1	2	3					$n-2$	$n-1$	n	Номера транзитных участков: $n+1$	$n+2$	$n+3$			$2n-3$	$2n-2$	$2n-1$	Способ определения
1	d или $B \times h$		мм																			При испытании
	$F_{сеч}$		м²																			
2	Фактически	$L_{факт}$	м³/с																			При испытании
3		$H_{факт}$	кг/м²																			
4		$S_{факт}$	кгс²/м⁸																			Расчетом $S_{факт} = \frac{H}{L^2}$
5	Необходимо	$L_{необх}$	м³/с																			По проекту
6		$H_{необх}$	кг/м²																			Расчетом $H_{необх} = H_{факт}\left(\frac{L_{необх}}{L_{факт}}\right)^2$
7		$S_{необх}$	кгс²/м⁸																			Расчетом по формулам
8	$S_{необх} - S_{факт}$		кгс²/м⁸																			Расчетом
9	Положение дроссе-лирующего органа		$d_{град}$ B/B_{max}																			Расчетом (по номограмме)
10	Замеренный расход $L_{замер}$		м³/с																			При испытании
11	Невязка $\frac{L_{замер} - L_{необх}}{L_{необх}} 100\%$																					Расчетом
12	Расход после подрегулировки																					Ручной регулировкой

Приложение 3
(рекомендуемое)

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И КРИВЫХ ГИСТЕРЕЗИСА РЕГУЛЯТОРОВ

Для определения зоны нечувствительности регулятора и установки ее в соответствии с заданной точностью регулирования необходимо построить статические характеристики регулятора (например, температуры):

а) при наличии у регуляторов устройств предварения следует на весь период испытания принять время предварения равным нулю;

б) для пропорциональных регуляторов:

поместить чувствительный элемент датчика регулятора в контрольную камеру, температура (параметр) среды в которой поддерживается на заданном уровне;

установить задатчик регулятора на температуру (значение параметра) среды в контрольной камере;

установить пределы пропорциональности регулятора в зависимости от характеристики объекта регулирования.

Наибольшие значения пределов пропорциональности, при которых начинаются незатухающие колебания в системе регулирования, называются критическими. Если пределы пропорциональности принять 1,3 от критических, то регулирование будет проходить с минимально возможной статической ошибкой, но с малой устойчивостью.

При дальнейшем увеличении пределов пропорциональности регулирование будет более устойчивым, но с большим значением статической ошибки.

При такой настройке регулятор должен находиться в равновесном состоянии, а регулирующий орган должен занимать положение, соответствующее половине максимального рабочего хода. Изменяя постепенно значение параметра среды в контрольной камере от первоначального значения до максимума, от максимума до минимума и от минимума опять до первоначального значения в диапазоне установленных пределов пропорциональности регулятора, провести одновременные замеры значения параметра среды в камере и положений регулирующего органа регулятора через каждую $^1/_8$—$^1/_{10}$ часть указанного диапазона;

по полученным данным построить кривую гистерезиса и определить максимальную зону нечувствительности регулятора в градусах (единицах измерения регулируемого параметра);

в) для регуляторов изодромного регулирования:

снять статическую характеристику измерительной части регулятора, включая усилитель по указанной для пропорциональных регуляторов методике, установив время изодрома максимальным;

по полученным данным построить кривую гистерезиса и определить максимальную зону нечувствительности $\Delta t_{\text{ен}}$ (в градусах) измерительной части регулятора, включая усилитель;

на собранном регуляторе экспериментально определить величину импульса, необходимого для того, чтобы стронуть исполнительный механизм;

по величине этого импульса определить изменение температуры $\Delta t_{\varepsilon c}$ (в градусах), необходимое для того, чтобы стронуть механизм;

определить максимальную зону нечувствительности регулятора Δt_{ε} (в градусах) по формуле

$$\Delta t_{\varepsilon} = \pm (0{,}5\Delta t_{\varepsilon н} - \Delta t_{\varepsilon c}).$$

Если фактическое значение зоны нечувствительности оказывается больше предусмотренного паспортными данными или необходимой точности регулирования, необходимо провести дополнительную регулировку приборов, входящих в состав регулятора, или заменить их.

Для регуляторов пропорционального, астатического и изодромного регулирования должны быть построены кривые гистерезиса совместной работы исполнительных механизмов и регулирующих органов.

Кривые гистерезиса определяют зависимость положения регулирующего органа при прямом и обратном его ходе от величины импульса командного прибора. Эти кривые дают возможность оценить качество изготовления указанных приборов и механизмов, а также качество их монтажа и наладки.

В случае, когда командный прибор конструктивно не совмещен с датчиком регулятора, кривые гистерезиса определяются при совместной работе командного прибора, исполнительного механизма и регулирующего органа.

Кривые гистерезиса должны быть построены в координатах, где ось ординат характеризует величину импульса командного прибора, а ось абсцисс — величину рабочего хода регулирующего органа.

Для построения кривых гистерезиса следует:

а) выбрать вид импульса, изменение которого ведет к изменениям положения регулирующего органа; при этом учитывать конструкцию регулятора и вид энергии, используемой для передачи импульса от командного прибора к исполнительному механизму;

б) изменяя на равные величины импульс, передаваемый на исполнительный механизм или на командный прибор, фиксировать соответствующие положения регулирующего органа. В зависимости от необходимой точности регулирования число фиксируемых положений регулирующего органа принимают равным 5—12 в каждом направлении (при прямом ходе). Весь комплекс замеров должен быть повторен три раза;

в) по полученным усредненным данным построить кривые гистерезиса. Максимальное расстояние ΔS между кривыми прямого и обратного хода регулирующего органа в направлении, параллельном оси абсцисс, не должно превышать 5—10% от его полного рабочего хода (в зависимости от необходимой точности поддержания регулируемого параметра). Если этот процент ока-

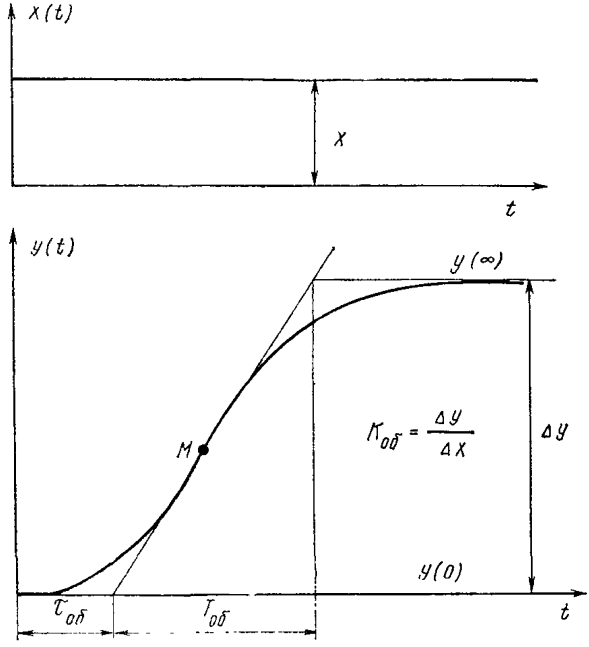
жется выше, необходимо повторно отрегулировать или заменить проверяемые приборы и механизмы.

Примечание. Если при совместной работе командного прибора и исполнительного механизма с регулирующим органом не представляется возможным установить, за счет какого прибора (механизма) получен неудовлетворительный результат, необходимо построить кривые гистерезиса для каждого прибора (механизма).

Приложение 4
(рекомендуемое)

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ И ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Проведение эксперимента начинают с установки на объекте выбранного режима работы, который характеризуется постоянством выходной переменной и всех влияющих на нее переменных.



Приближенная аппроксимация переходных характеристик объекта и определение его динамических параметров

Затем как можно быстрее вводят испытательное воздействие и одновременно начинают регистрировать изменение выходной переменной во времени. Окончание переходного процесса определяется по значению выходной переменной.

Для объектов с самовыравниванием опыт считается законченным, если выходная переменная, начиная с некоторого момента времени, остается практически неизменной.

Примечания: 1. После резкого изменения подачи регулирующего агента его количественные и качественные характеристики не должны изменяться до окончания испытания.

2. Замеры регулируемого параметра рекомендуется производить измерительным устройством регулятора, обслуживающего испытываемый объект регулирования.

Серию из четырех или более опытов при одном значении нагрузки объекта рекомендуется проводить так, чтобы знак испытательного воздействия изменялся от опыта к опыту. Каждое новое испытательное воздействие наносится после полного окончания предыдущего переходного процесса.

Определение динамических параметров объекта по его экспериментально снятой переходной функции производят графическими или графоаналитическими методами (см. черт.).

Любой статический (с самовыравниванием) объект регулирования аппроксимируется двумя элементарными звеньями, соединенными последовательно: апериодическим звеном первого порядка и звеном запаздывания.

При определении динамических параметров объекта вначале проводят линию нового установившегося значения $y(\infty)$, которого переходная функция должна достигнуть за бесконечное время. Ее проводят на расстоянии примерно $0{,}05[y(\infty)-y(0)]$ от последних опытных значений переходной функции. Значение коэффициента усиления объекта определяют как отношение

$$K_{об}=\frac{\Delta y}{\Delta x}.$$

Отрезок времени от момента ввода возмущения до пересечения касательной, проведенной в точке перегиба M переходной характеристики с осью абсцисс, определяет общее запаздывание объекта $\tau_{об}$.

Постоянная времени объекта $T_{об}$ представляет собой отрезок времени от точки пересечения касательной линии начального установившегося значения $y(0)$ до момента ее пересечения с линией нового установившегося значения $y(\infty)$.

Приложение 5
(рекомендуемое)

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРОВ

С точки зрения устойчивости работы объекты автоматического регулирования подразделяются на объекты:

с самовыравниванием;

без самовыравнивания.

По принципу регулирования регуляторы СВ и СКВ могут быть:

пропорциональные (П);

интегральные (И);

пропорционально-интегральные (ПИ);

пропорционально-интегральные с регулированием по производной (ПИД).

В наладочной практике наибольшее распространение получили способы настройки регуляторов, при которых регулируемая величина в переходном режиме изменяется:

апериодически (без перерегулирования);

колебательно с 20%-ным перерегулированием;

колебательно с минимальной интегральной квадратичной оценкой.

Параметрами настройки регуляторов являются:

коэффициент передачи (для всех типов регуляторов);

время изодрома (для комбинированных ПИ-, ПИД-регуляторов).

Определение оптимальных параметров настройки регуляторов производят исходя из значений динамических параметров объектов регулирования, методика графоаналитического получения которых приведена в приложении 4.

Располагая значениями динамических параметров объекта — коэффициента усиления $K_{об}$, времени запаздывания $\tau_{об}$ и постоянной времени $T_{об}$, по приведенным на черт. 1—3 номограммам для различных типов регуляторов и критериев оптимальности определяют оптимальные параметры настройки.

В зависимости от отношения $\tau_{об}/T_{об}$ для требуемого переходного процесса по номограммам находят некоторые оптимальные значения, являющиеся функцией параметров объекта и регулятора, по которым при известных параметрах объекта определяют оптимальные параметры настройки регулятора из выражений:

коэффициент передачи И-регулятора

$$K_{р.опт} = \frac{(K_р K_{об}\, \tau_{об})_{опт}}{K_{об}\, \tau_{об}};$$

коэффициент передачи П-, ПИ- и ПИД-регуляторов

$$K_{р.опт} = \frac{(K_р K_{об})_{опт}}{K_{об}};$$

постоянная времени изодрома ПИ- и ПИД-регуляторов

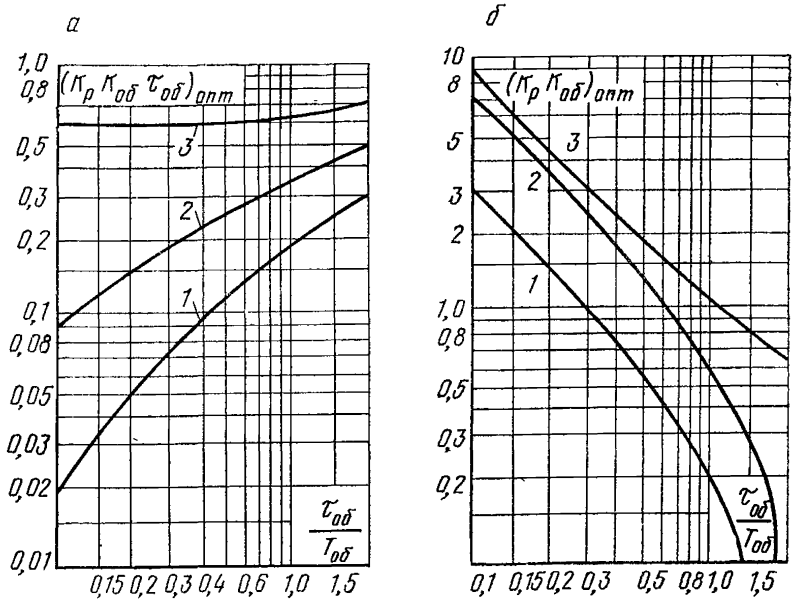
$$T_{\text{и.опт}} = \tau_{\text{об}} \left(\frac{T_{\text{и}}}{\tau_{\text{об}}}\right)_{\text{опт}};$$

постоянная времени предварения для ПИД-регулятора

$$T_{\text{п.опт}} = \tau_{\text{об}} \left(\frac{T_{\text{п}}}{\tau_{\text{об}}}\right)_{\text{опт}}.$$

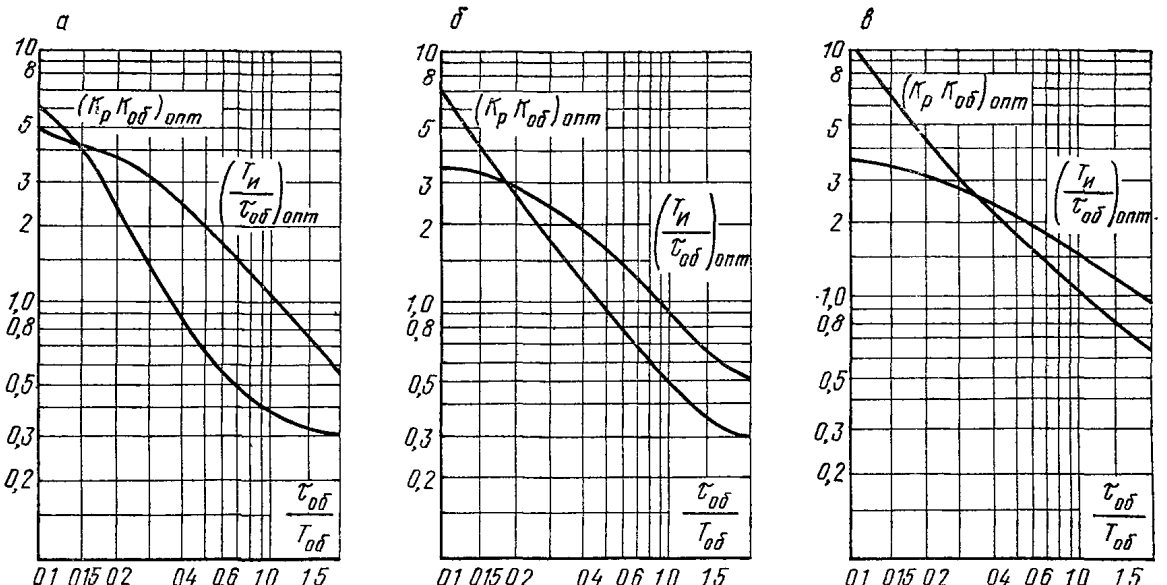
Приближенные значения параметров настройки регуляторов можно рассчитать по формулам, приведенным в таблице. В каждой клетке таблицы указаны также номера чертежей, на которых даны соответствующие номограммы.

Данная методика разработана для наиболее общего случая, когда возмущение поступает в систему со стороны регулирующего органа.



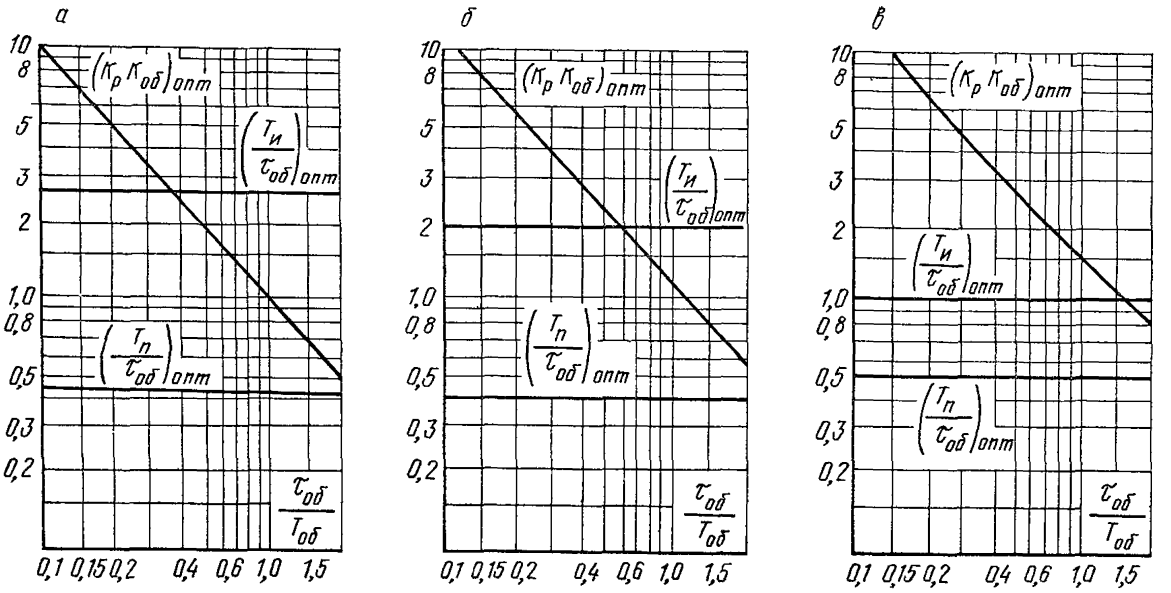
Черт. 1. Номограммы для определения оптимальных параметров настройки И-регуляторов (*а*) и П-регуляторов (*б*) статических объектов:

1 — апериодический процесс; *2* — процесс с 20%-ным перерегулированием; *3* — процесс с минимумом интегральной квадратичной оценки качества



Черт. 2. Номограммы для определения оптимальных параметров настройки ПН-регуляторов статических объектов:

а — апериодический процесс; *б* — процесс с 20%-ным перерегулированием; *в* — процесс с минимумом интегральной квадратичной оценки качества



Черт. 3. Номограммы для определения параметров настройки ПНД-регуляторов статических объектов:

а — апериодический процесс; *б* — процесс с 20%-ным перерегулированием; *в* — процесс с минимумом интегральной квадратичной оценки качества

Оптимальные параметры настройки регуляторов для статических объектов первого порядка с запаздыванием

Законы регулирования	Параметры настройки	Критерий оптимальности		
		Без перерегулирования	С 20%-ным перерегулированием*	С минимальной интегральной квадратичной оценкой
И	$K_р$	$\frac{1}{4{,}5K_{об}T_{об}}$ Черт. 1, *а*	$\frac{1}{1{,}7K_{об}T_{об}}$ Черт. 1, *а*	$\frac{1}{1{,}7K_{об}T_{об}}$ Черт. 1, *а*
П	$K_р$	$\frac{0{,}3T_{об}}{K_{об}\tau_{об}}$ Черт. 1, *б*	$\frac{0{,}7T_{об}}{K_{об}\tau_{об}}$ Черт. 1, *б*	$\frac{0{,}9T_{об}}{K_{об}\tau_{об}}$* Черт. 1, *б*
ПИ	$K_р$	$\frac{0{,}6T_{об}}{K_{об}\tau_{об}}$ Черт. 2, *а*	$\frac{0{,}7T_{об}}{K_{об}\tau_{об}}$ Черт. 2, *б*	$\frac{1{,}0T_{об}}{K_{об}\tau_{об}}$ Черт. 2, *в*
	$T_и$	$0{,}6T_{об}$ Черт. 2, *а*	$0{,}7T_{об}$ Черт. 2, *б*	$1{,}0T_{об}$ Черт. 2, *в*
ПИД	$K_р$	$\frac{0{,}95T_{об}}{K_{об}\tau_{об}}$ Черт. 3, *а*	$\frac{1{,}2T_{об}}{K_{об}\tau_{об}}$ Черт. 3, *б*	$\frac{1{,}4T_{об}}{K_{об}\tau_{об}}$ Черт. 3, *в*
	$T_и$	$2{,}4T_{об}$ Черт. 3, *а*	$2T_{об}$ Черт. 3, *б*	$1{,}3T_{об}$ Черт. 3, *в*
	$T_п$	$0{,}4T_{об}$ Черт. 3, *а*	$0{,}4T_{об}$ Черт. 3, *б*	$0.5T_{об}$ Черт. 3, *в*

* Для П-регулятора переходный процесс с 40%-ным перерегулированием.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие положения 4
2. Аэродинамическая наладка систем вентиляции и кондиционирования воздуха 5
3. Наладка устройств автоматизации систем вентиляции и кондиционирования воздуха 8
Приложение 1 (справочное). Наладка воздухонагревателей . . 13
Приложение 2 (рекомендуемое). Расчет режима регулирования вентиляционной сети 15
Приложение 3 (рекомендуемое). Методика экспериментального определения статических характеристик и кривых гистерезиса регуляторов 22
Приложение 4 (рекомендуемое). Методика экспериментального определения переходных характеристик объектов регулирования и графоаналитического определения их динамических параметров 25
Приложение 5 (рекомендуемое). Методика расчета оптимальных параметров настройки регуляторов 27

Судовые системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Правила и методы наладки РД 31.21.71—79

Отв. за выпуск *Н. П. Агафанов*

Редактор *Э. А. Андреева*

Технический редактор *Б. Г. Колобродова*

Корректор *Г. Е. Потапова*

Л-67760. Сдано в набор 27/VI-80 г. Подписано в печать 16/IX-80 г. Формат изд. 84×108/32. Бум. газетная. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 1,68. Уч.-изд. л. 1,95. Тираж 8500 экз. Изд. № 593-Т. Заказ тип. № 1528. Бесплатно.

Центральное рекламно-информационное агентство ММФ (ЦРИА «Морфлот»)

Типография «Моряк», Одесса, ул. Ленина, 26