

**КУЙБЫШЕВСКИЙ  
ОРДЕНА ТРУДОВОГО  
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
ИМЕНИ С.П.КОРОЛЕВА**

**А. С. ГОРЯЧЕВ**

**МОНТАЖНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ  
ПРОЦЕССЫ  
В ПРОИЗВОДСТВЕ  
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ  
АППАРАТОВ**

**КУЙБЫШЕВ  
1971**

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР  
Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный  
институт имени С.П.Королева

А.С.ГОРЯЧЕВ

МОНТАЖНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ  
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Конспект лекций

Рассмотрен и утвержден  
редакционным советом института  
14 сентября 1970 года

Куйбышев 1971

Л Е К Ц И Я № I

ПРОЦЕССЫ СБОРКИ РУЛЕВЫХ АГРЕГАТОВ

§ I. Назначение рулевых машинок. Принцип работы

Исполнительными элементами системы управления летательных аппаратов являются силовые приводы органов управления (как аэродинамических, так и газодинамических). Принципиальная блок-схема силового привода показана на рис. I.

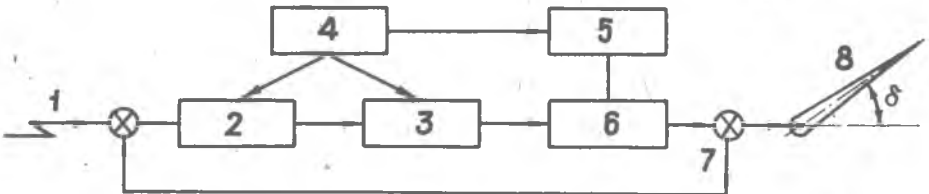


Рис. I. Типовая блок-схема силового привода

Как видно из блок-схемы, сигнал управления (I), полученный с потенциометра гидроскопического прибора летательного аппарата, усиливается блоком (2) и подается на узел управления, который в соответствии с командным током (его величиной и направлением) перемещает силовой механизм (6). Последний в свою очередь перемещает руль (8) на определенный угол ( $\delta$ ), что обеспечивается обратной связью (7).

Привод силового механизма (5) может осуществляться с помощью электродвигателя и насоса или электромеханическим устройством и т.п.

Чаще всего усилитель-преобразователь (2) и приводной двигатель (5) или приводной двигатель (5), узел управления (3) и силовой механизм (6) конструктивно выполняются в виде одного агрегата, называемого рулевой машинкой. Рулевые машинки являются исполнительными органами, преобразующими электрические сигналы во вращательное движение рулей. Поворот рулей осуществляется в нужную сторону и на определенную величину в зависимости от полученного сигнала с потенциометра гироскопического прибора.

Рулевые машинки разнообразны по конструкции, что во многом определяется принципом их действия. По принципу действия различаются следующие виды рулевых механизмов: пневматические, гидравлические, электромагнитные, электромеханические, электрогидравлические.

Пневматические рулевые машинки могут быть двух разновидностей. Для одних источником энергии является сжатый воздух, заключенный в баллоне при давлении  $p = 100 + 400 \text{ да}/\text{см}^2$ . Другие пневматические машинки работают на горячем газе, получаемом при сгорании заряда твердого топлива в пороховом аккумуляторе давления. Главное достоинство пневматических приводов - простота устройства и высокая надежность. Однако, из-за сжимаемости воздуха, пневматические рулевые машинки работают менее точно, чем, например, гидравлические.

Гидравлические рулевые машинки на современных летательных аппаратах применяются чаще, чем другие типы. Гидравлические приводы точны, практически безнерционны, быстродейственны и надежны. Весовая отдача гидроприводов уменьшается с ростом их мощности. Правда, по сравнению с другими типами гидравлические приводы сложны, дороги, требуют нескольких видов источников энергии. Но эти недостатки с избытком компенсируются указанными выше достоинствами гидравлических рулевых машинок.

Электромагнитные рулевые машинки просты по устройству, потребляют немного энергии, надежны в работе. Их недостаток - малая мощность. Основные элементы - узлы электромеханического привода - электродвигатель и редуктор. Эти приводы по весу уступают приводам других типов.

Электрогидравлические рулевые машинки создают рабочее давление масла в гидравлическом силовом цилиндре, в котором размещен кривошипно-шатунный механизм, приводящий в движение рули изделия. Давление создается с помощью насоса, работающего от электродвигателя. Эти рулевые машинки обладают преимуществом гидравлических приводов, надежны и имеют относительно небольшой удельный вес.

Более подробно рассмотрим процессы сборки и испытания электрогидравлических рулевых машинок, наиболее распространенных в конструкциях летательных аппаратов.

§ 2. Принцип работы и конструкция электрогидравлической рулевой машинки

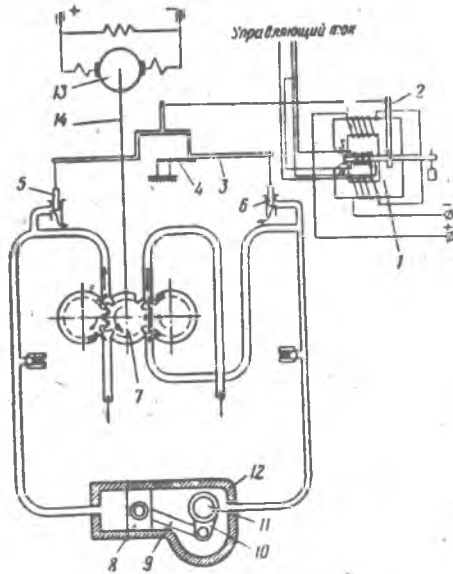


Рис. 2. Принципиальная эл. гидросхема Р.М.

Рассмотрим принцип работы этой рулевой машинки по схеме, представленной на рис. 2.

Сигнал, снятый с потенциометра гироскопа, преобразованный и усиленный в промежуточных устройствах автомата стабилизации, поступает на поляризованное реле (1) рулевой машинки. Поляризованное реле в зависимости от знака сигнала поворачивает в ту или другую сторону коромысло (2) и связанный с ним золотниковый распределитель (3), подвешенный на плоской пружине (4), заменяющей механический шарнир. При повороте распределителя один из поршеньков (5) или (6) перекрывает перепускной канал, и масло, подаваемое шестеренчатым насосом (7), поступит в полость рабочего цилиндра, передвигая рабочий поршень (8). Усилие через шатун (9) и кривошип (10) будет передано на вал руля (11). Прикрепленный к валу руль повернется в нужную сторону. Шестеренчатый насос (7) приводится во вращение мотором (13) через вал (14). Конструкция рулевой машинки показана на рис. 3.

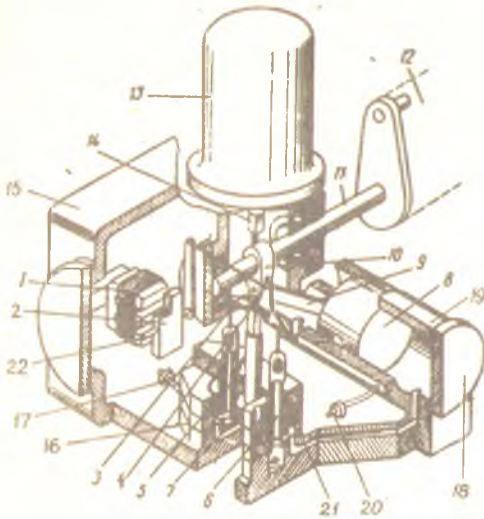


Рис. 3. Устройство Р.М.

(1) и качалкой (2). На корпусе имеется штепсельный разъем (ШР) для подвода тока к реле, а также ШР для подвода тока к электродвигателю (13) шестеренчатого насоса. Электродвигатель вынесен из резервуара.

Рабочее тело - масло электрогидравлической рулевой машинки - в процессе работы не расходуется. Поэтому целесообразно использовать в качестве резервуара корпус, в котором размещаются узел управления и насос. Корпус рулевой машинки (15) литой, из алюминиевого сплава, в котором на платике (16) устанавливается шестеренчатый насос (7). На шестеренчатом насосе крепится кронштейн с поляризованным реле

Корпус электродвигателя соединяется с резервуаром (корпусом рулевой машинки) фланцем. В гидравлических магистралях шестеренчатого насоса предусмотрены два предохранительных клапана (17). Силовой цилиндр (19), закрывающийся крышкой (18), выполнен заодно с резервуаром (15) и составляет с ним корпус рулевой машинки.

Шестеренчатый насос (7) состоит из корпуса в виде нескольких пластин (трех или пяти), в котором размещаются одна ведущая и две ведомые шестерни. Верхняя часть вала ведущей шестерни выполнена квадратной и соединяется с гнездом вала электродвигателя постоянного тока. Оси ведомых шестерен полые, в них располагаются золотниковые поршни (5; 6). При работе насоса жидкость, попадая во впадины между зубьями, увлекается шестернями на сторону нагнетания в силовой цилиндр. Обратный поток в сторону всасывания невозможен, так как зазор между зубьями и корпусом шестеренчатого насоса весьма мал, а зубья находятся в зацеплении. В каналах, ведущих в силовой цилиндр, установлены золотниковые поршни, связанные с качалкой (2), сидящей на валике якоря поляризованного реле. Расположение поршней внутри вращающихся осей ведомых шестерен позволяет осуществить перемещение поршней с малыми усилиями (т.к. трение покоя отсутствует). В пластике корпуса рулевой машинки выполнены каналы (21), связывающие масляный резервуар с силовым цилиндром. Для уплотнения фланцевого соединения применяются прорезиненные тканевые прокладки.

Внутренняя полость рулевой машинки заполняется маслом РМЦ. С целью обеспечения дренажа из силового цилиндра при перемещении поршня обе стороны силового цилиндра сообщаются с камерой низкого давления с помощью двух воздушных клапанов (20).

### § 3. Схема сборки и испытания

К изготовлению рулевых машинок предъявляются высокие технические требования, обеспечивающие надежную работу их в условиях эксплуатации и длительного хранения. Эти требования распространяются как на изготовление отдельных деталей (в соответствии с чертежом, без заусенцев, острых кромок и т.п.), так и на сборку отдельных узлов и всего приводного механизма в целом. Например, при изготовлении деталей насоса допуск на плоскостность  $0,02/100$  мм, камера высокого давления испытывается при давлении  $120\text{кг/см}^2$  на прочность.

С этой же целью при изготовлении рулевых машинок предъявляются высокие требования к технологической дисциплине (выполнение операций строго в соответствии с технологическим процессом), а также к организации рабочего места и условиям труда. На рабочем месте должен быть только необходимый инструмент, отполированный и замаркированный. В цехе должна поддерживаться идеальная чистота, стабильная температура и влажность. Исполнитель может работать только в специальной чистой одежде, обуви и в головном уборе.

При гидравлических и пневматических испытаниях необходимо строго придерживаться правил безопасности эксплуатации сосудов, работающих под давлением, утвержденных Госгортехнадзором СССР 17 декабря 1956 года.

При разработке схемы сборки и испытания необходимо стремиться к обеспечению минимального цикла.

Порядок сборки и испытания рулевой машинки и отдельных узлов показан на схеме (рис. 4). Как видно, сборка отдельных узлов может вестись параллельно, а затем указанные на схеме узлы последовательно устанавливаются в корпус.

#### § 4. Сборка и испытания корпуса

Корпус изготавливается механической обработкой из алюминиевого литья. Прежде чем подать корпус на сборку, он подвергается испытаниям на прочность и герметичность.

Испытанию на прочность подвергается только полость высокого давления, где размещается кривошипный механизм. Эти гидроиспытания проводятся на специальном стенде, показанном на рис. 5. Конструкция стенда представляет собой собранный каркас (1), на столе которого (2) расположены два платика (3) для установки двух испытуемых изделий (4). Для обеспечения неподвижности изделий при испытании они прижимаются к платику стола с помощью ручных-винтовых (5) и пневматических (6) прижимов. Пневматические прижимы работают от сети сжатого воздуха, а рабочее испытательное давление обеспечивается гидравлической системой пресса с помощью насоса (19) и гидроусилителя (8).



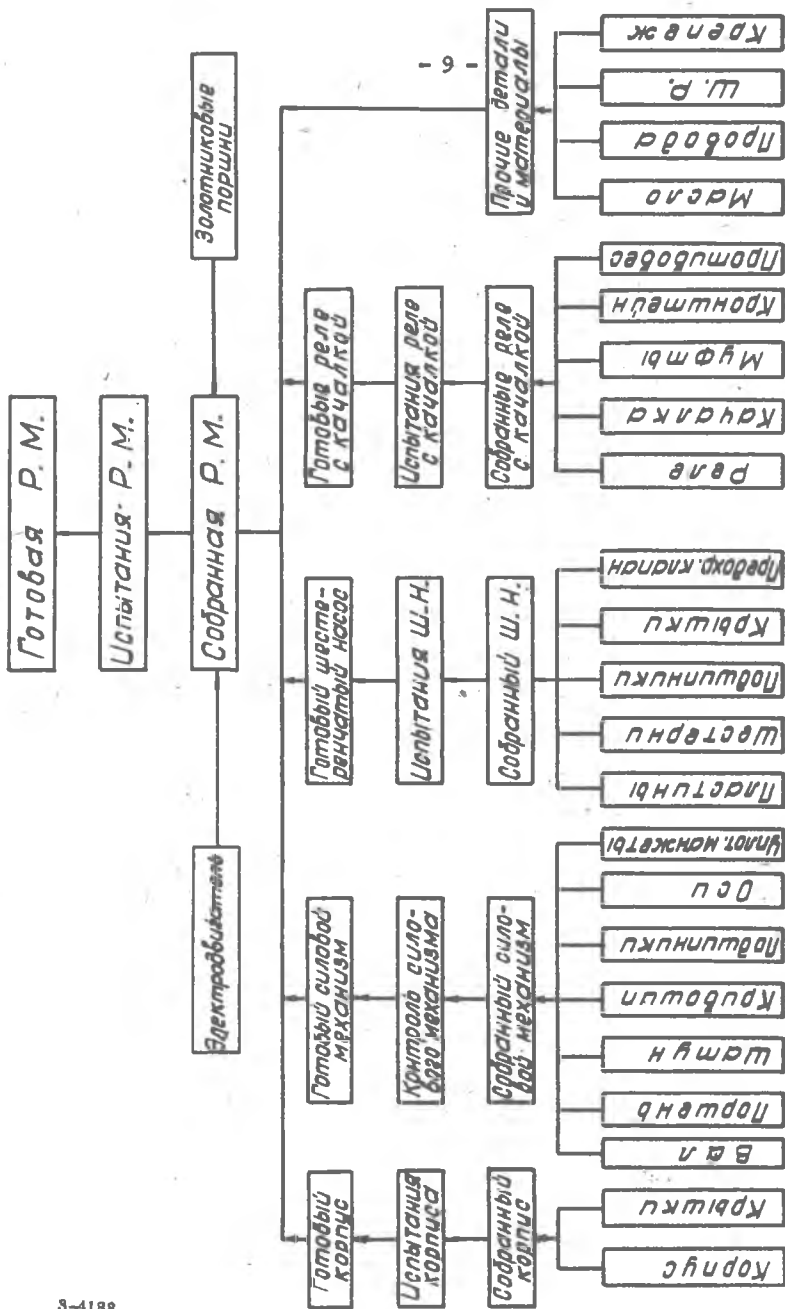


Рис. 4. Схема сборки и испытания электрогидравлической рулевой машины

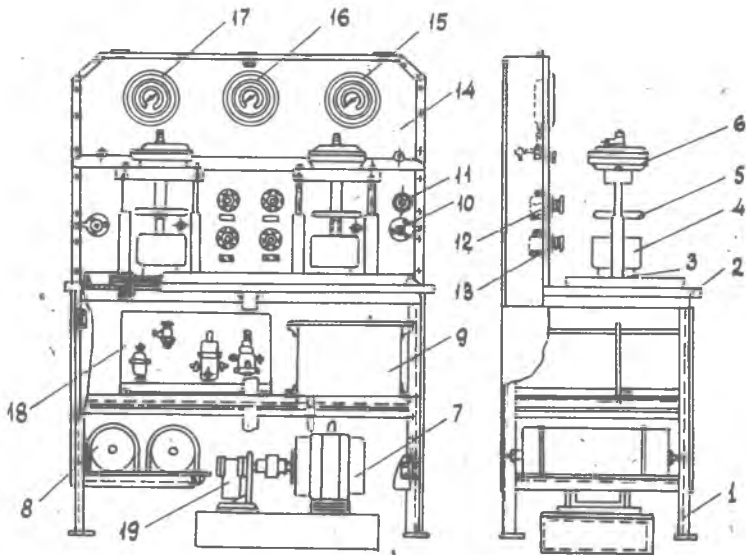


Рис. 5. Стенд для гидроиспытаний силового цилиндра Р.М.

Техническая характеристика стенда для гидроиспытаний

Рабочее давление жидкости 130 атм.  
Потребляемая мощность эл. двигателя 1,7 квт.  
Питание от сети переменного тока напряжением 380 в.  
Рабочая жидкость масло-РМЦ.  
Прижим колодки пневматический.  
Давление воздуха в сети 5 атм.  
Количество одновременно испытываемых изделий 2.  
Габариты стенда 1200 x 600 x 1200 мм.

Испытание на прочность силового механизма заключается в следующем (рис. 6.). Корпус рулевой машинки (2) устанавливается на плате (8) поддерживающего приспособления и прижимается к ней изнутри камеры низкого давления (9) винтовым (4) и пневматическим (5) прижимами через специальный переходник (6). Этот переходник дает возможность подвести испытуемое давление в силовой цилиндр (1) через шланг (3) и канал (7) от гидросистемы стенда.

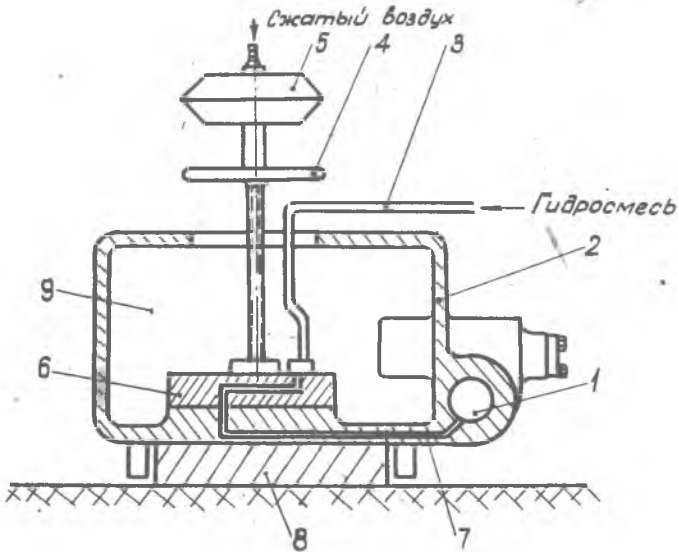


Рис. 6. Гидроиспытание силового цилиндра

Порядок испытания проследим по гидросхеме стенда (рис. 7). Включается электродвигатель (3) с помпой (4). Затем открывается трехходовой кран (5) в положение (а) для прямого прохода масла в изделие. Масло из бачка (1) через фильтр (2) нагнетается помпой в корпус изделия. Чтобы создать большое давление, кран (5) поворачивается в положение (б), и масло идет в гидроусилитель (8). Последний повышает давление масла, находящегося в гидропроводе и силовом корпусе рулевой машинки, до нужного испытания. Величина

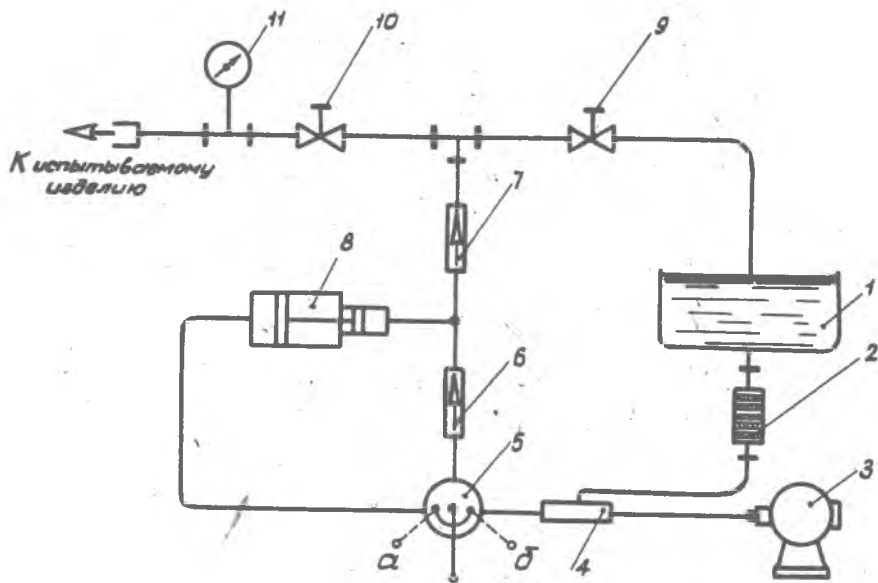


Рис. 7. Гидросхема стенда для испытания силового цилиндра

испытываемого давления берется в зависимости от рабочего  $P_{\text{исп.}} = 1,3 P_{\text{раб}}$ . После этого закрывается вентиль (10) во избежание травления давлением. Затем корпус выдерживают под испытываемым давлением определенное время (5 + 10 минут) и смотрят, есть ли утечки масла по местам крепления крышек и вала кривошипного механизма.

После испытания открывается вентиль (9), масло стравливается в бачок (1), и корпус снимается со стенда.

Испытание корпуса на герметичность производится на специальных стендах (рис. 8), конструкция которых аналогична гидравлическому стенду. Для испытания изделий на герметичность методом погружения в жидкость на стенде имеются две передвижные ванны (3) из оргстекла. Подъем и

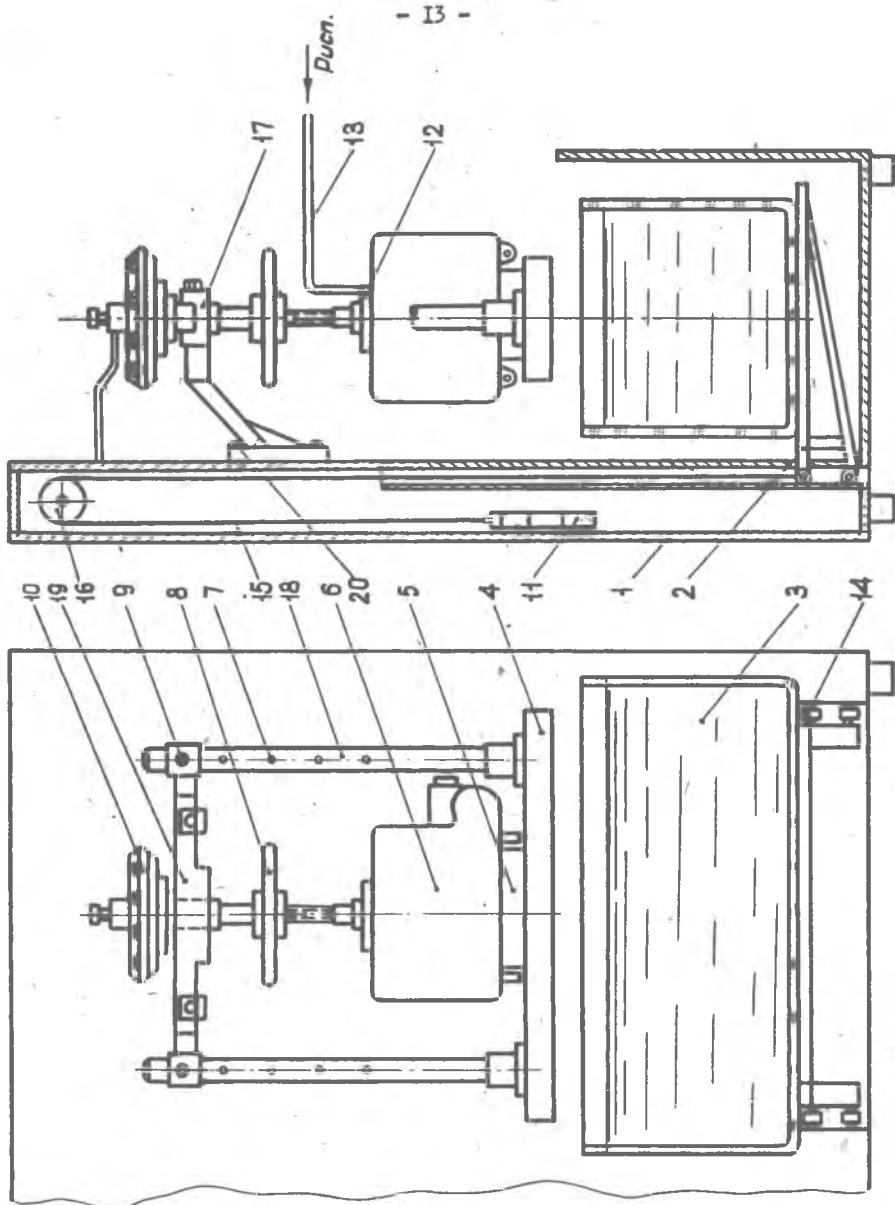


Рис. 8. Испытание корпуса Р.М. на герметичность

опускание ванны осуществляется вручную подвижным столом (2) по вертикальным направляющим роликов (14) с помощью противовеса (11), подвешенного к столу. Испытываемый корпус рулевой машинки (6) устанавливается на плате (5) специального поддерживающего приспособления. Плата опирается на основание (4), которое с помощью двух колонок (18) крепится к кронштейну (17) на определенной высоте по отверстиям (7) штырями (9). В этом же кронштейне закрепляется с помощью откидной планки (19) пневмо-винтовой прижим (8), (10), с помощью которого через специальный переходник (12) осуществляется прижим корпуса к плате. Кронштейн (17) крепится болтами (20) к каркасу стенда (1). Сжатый воздух подводится к корпусу рулевой машинки через фланг (13) и переходник (12) по фланцу крепления электродвигателя. Величина испытательного давления зависит от рабочего давления и определяется как  $P_{\text{исп.}} = 1,2 P_{\text{раб.}}$ .

Порядок испытания корпуса на герметичность рассмотрим по пневмосхеме стенда (рис. 9). Сжатый воздух из сети через редуктор (1), трехходовой кран (8) и (9) поступает к пневмоцилиндрам, которые окончательно прижимают испытываемый корпус к плате. Затем поднимается ванна с жидкостью (0,3 - 0,5% раствор калиевого хромпика в дистиллированной воде), и корпус полностью погружается в жидкость. Далее открывается вентиль (3), и сжатый воздух проходит через фильтр (4) и второй редуктор (5). По манометру (6) устанавливается необходимое рабочее давление испытания, а открытием вентиля (7) создается давление в корпусе рулевой машинки. Под этим давлением в соответствии с техническими условиями корпус выдерживается определенное время. Негерметичность определяется по наличию пузырьков воздуха в ванне с жидкостью в местах течи. Негерметичность корпуса не допускается. Отсутствие пузырьков свидетельствует о герметичности корпуса и его пригодности. После окончания испытания ванна опускается, открывается кран (8) или (9) для стравливания сжатого воздуха из корпуса, и последний снимается с платы.

#### § 5. Сборка силового механизма

Конструкция силового механизма показана на рис. 10. Рассмотрим порядок его сборки.

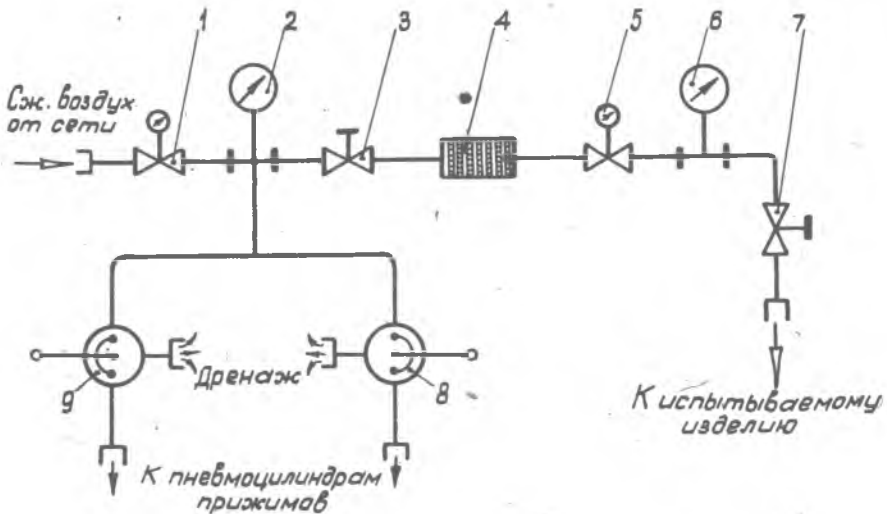


Рис. 9. Пневмосхема стенда для испытания силового цилиндра

После испытания корпуса в него монтируется кривошипно-шатунный механизм. Сборка кривошипно-шатунного механизма заключается в правильном подвижном соединении поршня (10) с шатуном (7) посредством пальца (9) и шатуна с кривошипом (4) через ось (5). Затем вся эта группа деталей устанавливается в силовой цилиндр (8), после чего производится постановка вала (2) рулевой машинки. Вал шлицевой поверхностью соединяется с кривошипом и опирается на два подшипника (18). Крепление вала к кривошипу осуществляется с помощью стяжного болта (3) и разрезной втулки. Доступ инструмента к болту обеспечивается через технологическое отверстие, закрываемое пробкой (6). Затем устанавливается и закрепляется винтами (16) разрезная крышка (15), состоящая из двух половин. После этого устанавливается и закрепляется болтами (13) крышка силового корпуса (12). Для обеспечения герметизации корпуса силового механизма применяются уплотнительные кольца (11; 18; 19).

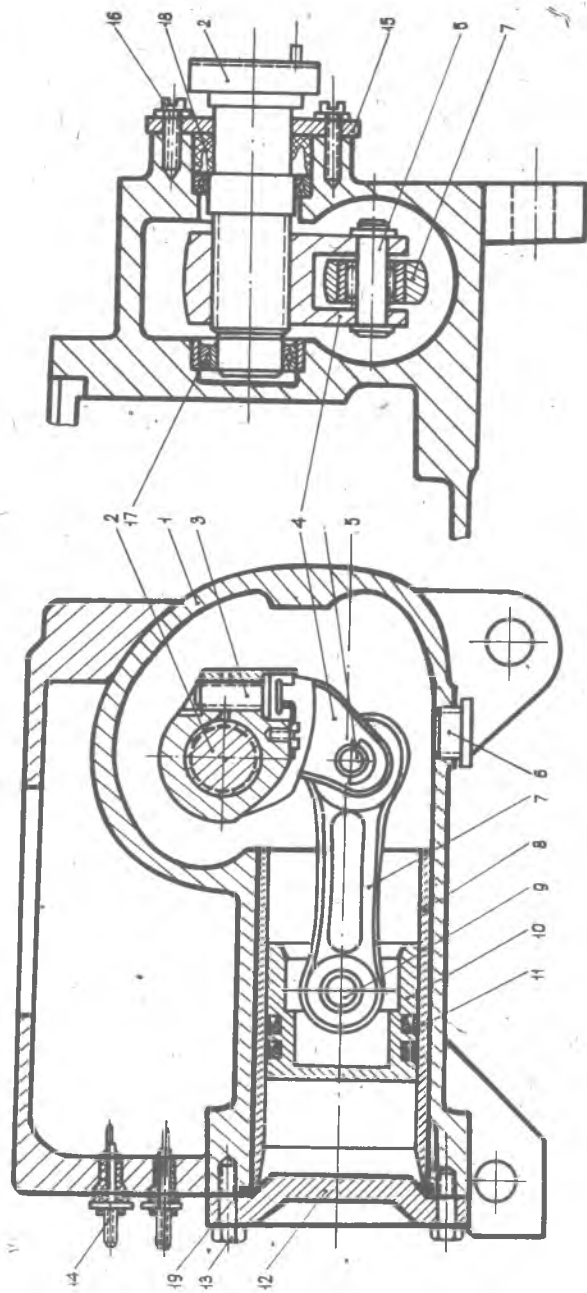


Рис. 10. Силосной механизм



Правильность сборки и установки силового механизма определяется по усилию перемещения (не должно быть сильного трения и заеданий) и по величине угла поворота вала рулевой машинки в двух направлениях. Эта проверка осуществляется с помощью ключа и специального приспособления (рис. II).

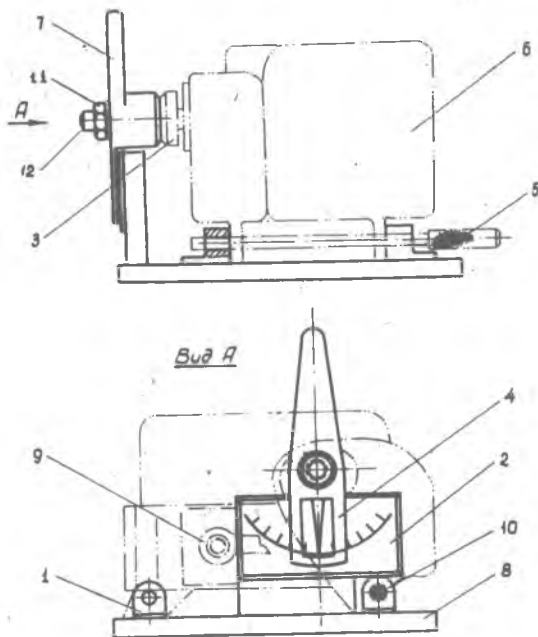


Рис. II. Приспособление для проверки угла поворота вала Р.М.

поворот вала рулевой машинки до упора по часовой стрелке и против, тем самым поршень занимает оба крайних положения. По шкале (2) измеряется поворот вала рулевой машинки в градусах.

Замер осуществляется следующим образом. Корпус рулевой машинки (6) устанавливается на основании (8) приспособления и закрепляется в трех точках двумя штырями (5; 10). Выходной вал рулевой машинки полый и имеет на конце шлицевую нарезку, с помощью которой он соединяется ключом (4). На выходном валу имеется небольшой штифт, а на ключе (4) — ответный паз, которые обеспечивают правильную установку поршня в исходное положение до замера угла поворота. Ключ (4) крепится к полуму шпильки (12). Ручкой (7) осуществляется

§ 6. Сборка и испытания шестеренчатого насоса (Ш.Н.)

Параллельно со сборкой силового механизма ведется сборка шестеренчатого насоса. Так как к изготовлению насоса предъявляются особо высокие требования, рассмотрим технологический процесс сборки и испытания его подробнее (рис. 12). Корпусом насоса является пакет из пяти планок. Внешние планки (1 и 5) стальные, в них крепятся игольчатые подшипники (9) осей шестерен. Средняя планка (3) чугунная: в ней размещаются одна ведущая (6) и две ведомые (7) шестерни с полыми осями. Между внешними и средней планками прокладываются две бронзовые планки (2) и (4). Чугун и бронза выбраны в целях лучшей приработки поверхностей планок, ограничивающих плоскости и периферию шестерен. Сверху и снизу к планкам (1) и (5) крепятся крышки (8) и (11). Пакет планок корпуса скрепляется пятью болтами (12) и фиксируется двумя штифтами (13). На корпус имеются специальные каналы (19), через которые масло поступает в насос из камеры низкого давления, а также каналы (23), сообщающие нагнетающую сторону насоса с силовым цилиндром.

Для ограничения величины максимального давления масла на насосе устанавливаются два предохранительных клапана (18). Работа насоса заключается в следующем. Масло поступает через канал (19) в гнезда между зубьями шестеренок и вытесняется в нагнетающий канал (23), связанный с силовым механизмом, который осуществляет рабочий ход рулевой машинки в определенном направлении. В этом случае каналы (20) и (21) в ведомых шестернях перекрыты: золотниковый поршень (24) находится в нижнем положении. В случае перепуска масла в камеру низкого давления золотниковый поршень (24) находится в верхнем положении, и масло через каналы (20), (21), полость золотника и отверстие (15) возвращается в камеру низкого давления.

К изготовлению отдельных деталей и сборке шестеренчатого насоса предъявляются очень высокие требования. Так как производительность насоса зависит во многом от величины зазоров между поверхностью корпуса и наружными поверхностями зубчатых колес, а также боковой поверхностью шестерен и торцами внутренних плиток, то необходимо, чтобы этот зазор был не более  $0,03 + 0,05$  мм. Перекос осей шестерен  $0,01/100$ , допуск на расположение осей  $\pm 0,005$  мм, непараллельность плоскостей -  $0,004 + 0,002$  мм на длине плит.

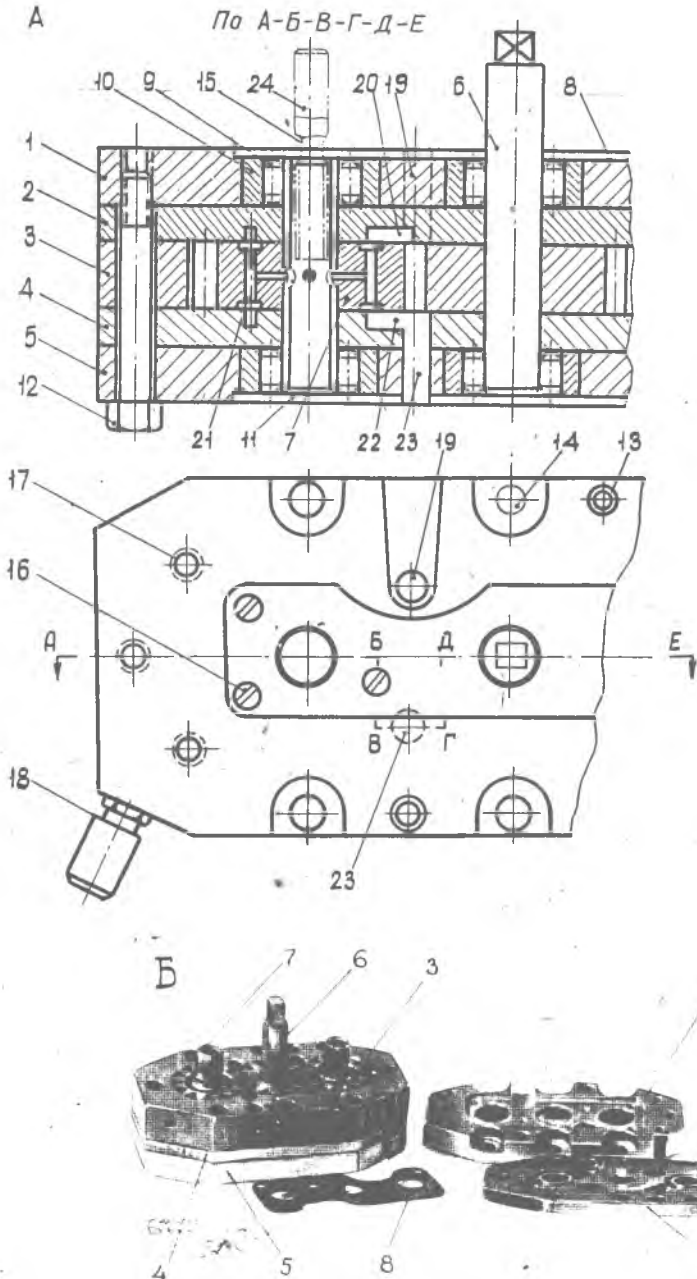


Рис. 12. А - конструкция шестеренчатого насоса;  
Б - общий вид насоса

Эта точность достигается специальным методом изготовления. Весь макет корпуса по отверстиям разделяется совместно со специальным мастер-плиткам. Дальнейшая сборка насоса ведется с помощью эталонного-технологического комплекта шестерен. А необходимый комплект определяется методом подбора шестерен.

П о р я д о к с б о р к и шестеренчатого насоса заключается в следующем. Вначале поступает комплект планок плиток I; 5 и 3, собирается пакет и предварительно рассверливаются отверстия под штифты (I3), растачиваются отверстия под втулки (I0), в которые они запрессовываются. Каждая планка маркируется своим номером. Затем подбирают технологические шестерни и устанавливают в отверстия в планке (3). В запрессованные втулки пока вместо игольчатых подшипников вставляют технологические втулочки, собирают пакет полностью из 5-и планок и окончательно растачивают отверстия под штифты (I3). Затем разбирают пакет, промывают в спирте, вынимают технологические шестерни, снимают втулочки и маркируют 2 и 4 планки.

Теперь производится окончательная сборка Ш.Н. под обкатку (рис. I3). Приворачивают винтами (I6) крышки (8) и (II) к верхней (I) и нижней (5) планкам и устанавливают игольчатые подшипники (9), соответственно в два поднакета из I; 2, 3, 4 и 5 планок. Затем в 3-ю планку устанавливаются рабочие шестерни (6) и (7) методом подбора. После чего собирают полностью пакет из 5-и планок, скрепляют пять болтами (I2) (три - сверху, двумя - снизу) и фиксируют двумя штифтами (I3) под прессом. Затем добиваются легкости вращения шестерен соответствующей затяжкой 5-и болтов. И, наконец, герметично приворачивают предохранительные фланцы (I8). После этого насос окончательно собран, и его отправляют на обкатку.

#### Обкатка шестеренчатого насоса

Обкатка производится с целью приработки шестерен насоса при различных режимах работы на специальном стенде (рис. I4). Он представляет из себя типовую конструкцию в виде каркаса (I2), на столе которого (I5) располагается пульт управления (I4) и электродвигателя для вращения обкатываемых насосов. На стенде обкатываются сразу два насоса. На пульте управления имеются необходимые тумблеры и краны

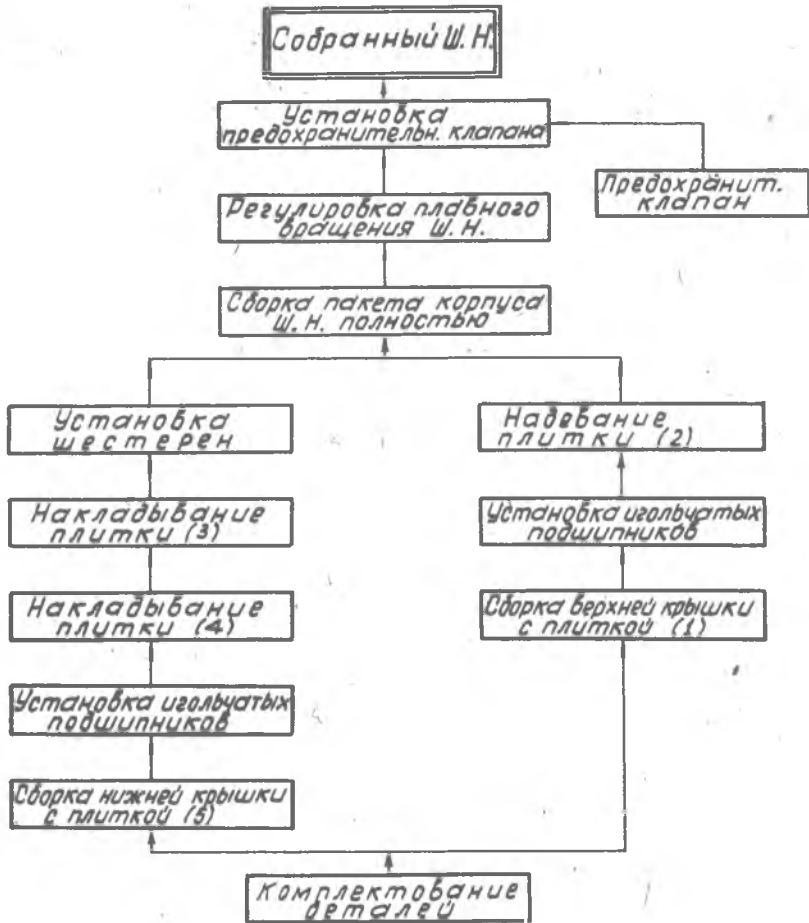


Рис. 13. Схема сборки шестеренчатого насоса

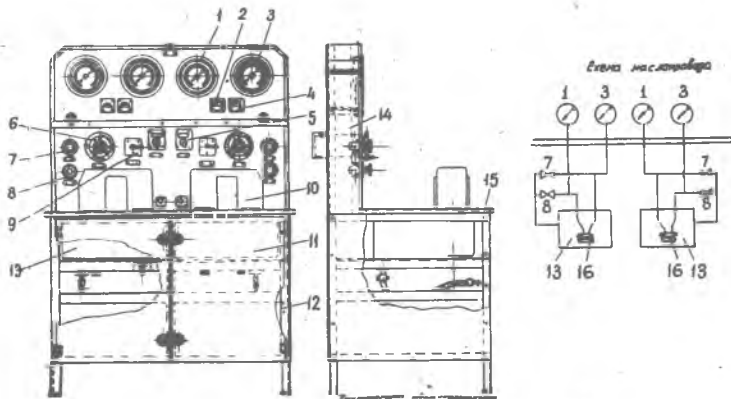


Рис. 14. Стенд для обкатки шестеренчатого насоса

включения электродвигателя и дросселей, а также приборы контроля электрических параметров и давления с каждой стороны (пары) шестеренчатого насоса. Все эти приборы видны на рис. 14. Схема обкатки показана на рис. 15. Испытываемый насос (5) с помощью специального приспособления (3) опускается в ванну с маслом (6) и подключается к масляной системе стенда через шланги (7). Затем через удлинитель (4) к насосу подсоединяется приводной электродвигатель (1). Последний накрывается прозрачным колпаком (2), во избежание разбрызгивания масла и попадания посторонних предметов.

Обкатку насоса на стенде (рис. 14) следует производить в следующем порядке:

1. Установить сборку на стенд, заглушив отверстия в осях ведомых шестерен технологическими плунжерами.
2. Установить соединительную муфту и технологический электродвигатель. Погрузить насос в масло.
3. Обкатать одновременно обе пары шестерен при нулевом давлении  $P = 0$  и напряжении двигателя  $U = 28$  вольт в определенное время. При этом на приборной панели необходимо полностью открыть дроссели (7; 8); включить переключатель (9). После этого включается тумблер (5) и начинает работать электродвигатель, который через

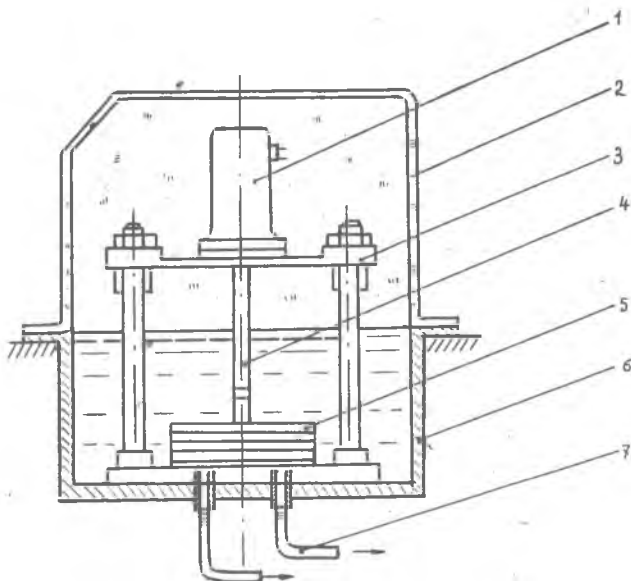


Рис. 15. Схема обкатки шестеренчатого насоса

соединительную муфту приводит во вращение шестеренчатый насос. С помощью реостата (6) устанавливается необходимое напряжение  $U$ , показываемое вольтметром (4), и в течение 2-х минут при  $p = 0$  производится обкатка.

4. Раздельно обкатать каждую пару шестерен насоса при  $p = 10 \text{ кг/см}^2$ ;  $U_{\text{дв}} = 28 \text{ в}$ ;  $t = 2 \text{ мин}$ .

Например, обкатывается правая пара шестерен. Дросселем (7) устанавливаем необходимые давления (манометр I) и напряжение (реостат 6). Дроссель для левой пары остается открытым. Тумблер (5) включен. Через 2 мин снимается давление с правой пары шестерен путем открытия дросселя правой пары. Аналогично обкатывается левая пара шестерен. После окончания этого цикла останавливается электродвигатель, сбрасывается давление.

Далее производится обкатка каждой пары раздельно при давлениях  $p = 30; 50; 70 \text{ ати}$ , при напряжении двигателя  $U_{\text{дв}} = 28 \text{ в}$  течение 2-х минут на каждом режиме. После обкатки шестеренчатый насос промывается в ваннах с уайт-спиритом и маслом.

Замер производительности насоса и испытание  
предохранительных клапанов

Конструкция шарикового предохранительного клапана дана на рис. 16. Эти испытания производятся на специальном стенде, который позволяет проводить проверку производительности насоса при холостом ходе, нагрузкой ( $P_{i\text{лев}}$  и  $P_{i\text{пр}}$  кг/см<sup>2</sup>), а также определять начало срабатывания предохранительного клапана.

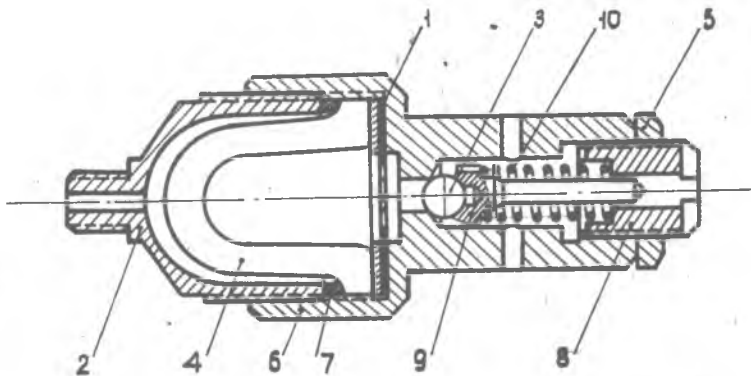


Рис. 16. Предохранительный клапан

Стенд для испытания производительности насоса и срабатывания предохранительных клапанов (рис. 17) представляет собой основание, выполненное в виде каркаса 18. Внутри каркаса расположен бачок с маслом (6) емкостью 40 л, куда погружается шестеренчатый насос с помощью специального приспособления, аналогичного обкатке (рис. 15). Насос соединяется с двумя мерными емкостями (3; 4) объемом 5 л (цена деления шкалы 20 см<sup>3</sup>). Привод насоса осуществляется от технологического электродвигателя. На основании-каркасе (18) смонтирован пульт (19), на котором располагаются все измерительные приборы и рукоятки системы управления. На щите расположены шкалы



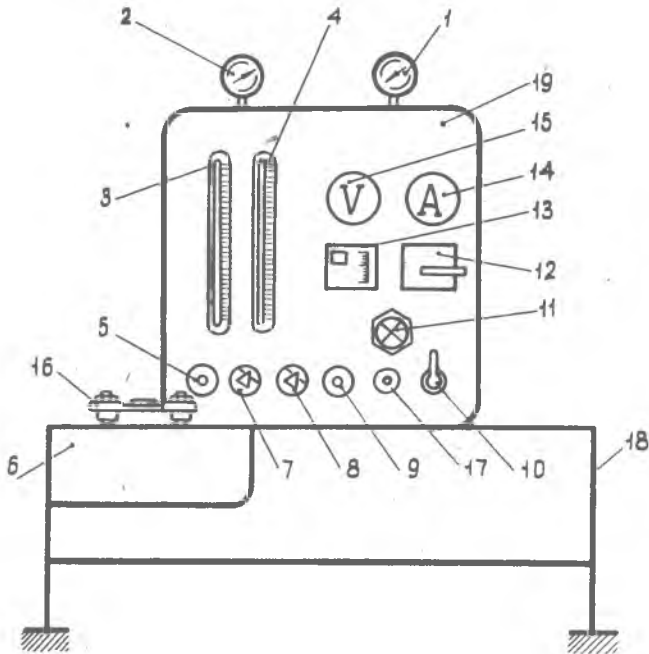


Рис. 17. Стенд для замера производительности насоса

двухмерных емкостей для замера производительности насоса для левой и правой сторон. Кроме того имеются манометры (1) и (2) замера рабочих давлений в рабочей полости насоса, а также вольтметр (15) и амперметр (14) контроля параметров тока электродвигателя. Напряжение питания электродвигателей меняется реостатом (11). Замер числа оборотов осуществляется с помощью стробоскопического тахометра. Для обеспечения точного времени заполнения мерной емкости при работе насоса в гидросистеме стенда имеется реле времени (13), которое включается в момент слива с помощью кранов слива (7 и 8). Через определенное время реле отключает кран слива. На пульте управления имеются также рукоятки дросселей (5; 9) для изменения проходного сечения гидросистемы на выходе из каждой пары шестерен насоса.

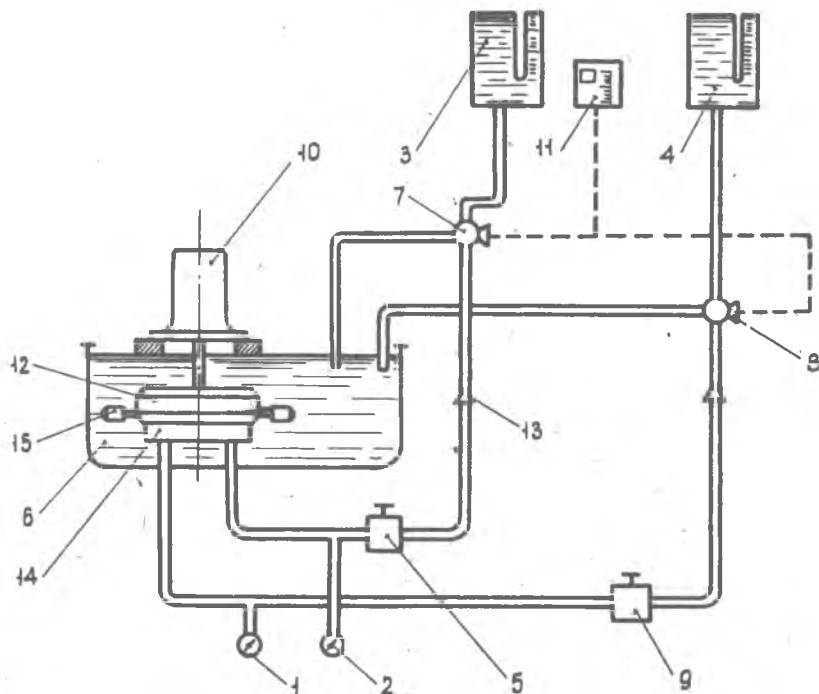


Рис. 18. Гидравлическая схема стенда для замера производительности шестеренчатого насоса

Порядок замера производительности насоса и испытание на срабатывание проследить по гидравлической схеме стенда, показанной на рис. 18.

Испытываемый насос (12) устанавливается на плату приспособления (14)<sup>X</sup> и подсоединяется к технологическому электродвигателю (10), затем вся подборка опускается в ванну (6) с маслом. Из мерных емкостей сливается масло кранами слива (7) и (8). После слива эти краны оставляют в положении "закрыто". Потом включается

<sup>X/</sup> Конструкция приспособления на этой схеме условно не показана.

электродвигатель (10) вращения насоса. В это время трехходовые краны (7) и (8) ставятся в положение "слив в бачок". Делают замер расхода насоса без давления и с давлением для обеих постелей насоса отдельно:

а) Без давления

Полностью открывается дроссель (5). Кран (7) перебрасывается в положение "В МЕРНУЮ ЕМКОСТЬ". Одновременно включается реле времени (11). Перед этим с помощью реостата отрегулированы нужное напряжение и ток, потребляемые электродвигателем. Через определенное время закрывается кран (7). Затем по тарировочной шкале на мерной емкости (3) или (4) определяется объем заполнения, а по реле времени - период заполнения. Зная эти величины, можно рассчитать производительность насоса.

б) Под давлением

Нужное давление в линии устанавливается дросселем (5) или (9). Оно контролируется по манометру (1). Остальные операции аналогичны случаю испытания без давления.

Проверка срабатывания предохранительных клапанов

Увеличивая дросселем (9) давление, смотрим по манометру (1), при каком давлении срабатывают предохранительные клапаны (15). Если тарировка клапана в пределах нормы, то он контрится, если нет - производится регулировка.

После замера производительности и испытания на срабатывание предохранительных клапанов годные шестеренчатые насосы подаются на общую сборку рулевой машинки.

§ 7. Сборка и регулировка узла управления

Узел управления предназначен для обеспечения в определенное время подвода рабочего давления масла с той или другой стороны кривошипно-шатунного механизма, а значит перемещения вала рулевой машинки в нужном направлении и на определенную величину. Конструкция узла управления показана на рис. 19. Он состоит из штампованного из алюминиевого сплава кронштейна (8), поляризованного реле (5),

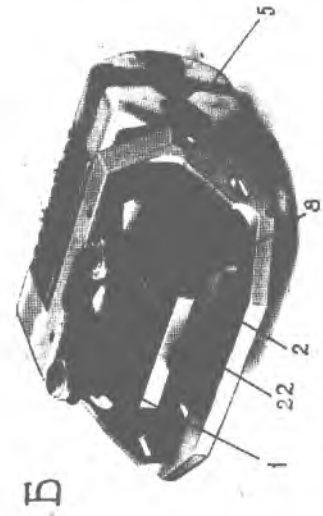
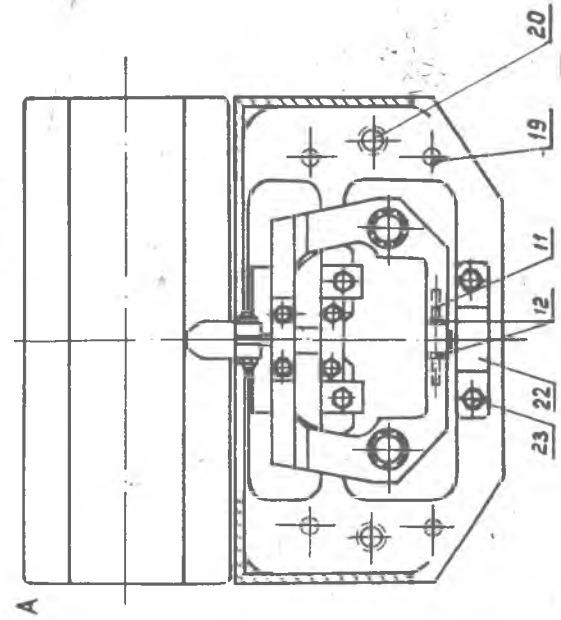
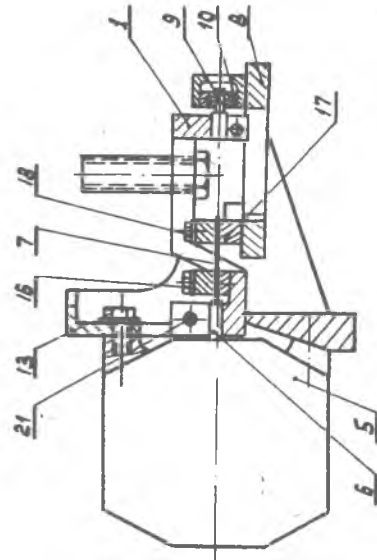
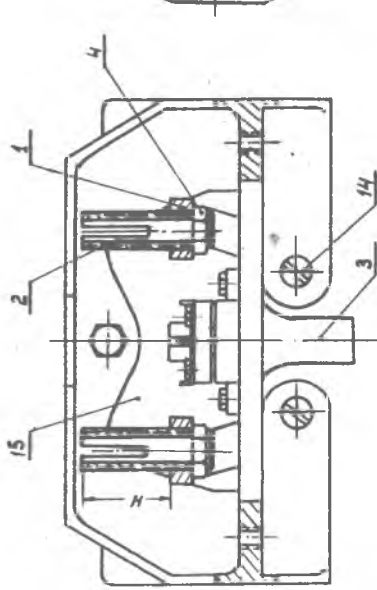


Рис. 19. А - узел управления ;  
 Б - общий вид узла управления

которое крепится к вертикальной стенке кронштейна одним болтом (I3) и двумя винтами (I4). Для обеспечения соединения вала реле (6) с качалкой в вертикальной стенке имеется окно (I5). На горизонтальной полке кронштейна закрепляется качалка (I). Она представляет собой сложную по конфигурации штампованную деталь, которая соединяется с одной стороны с валом (6) реле, а с другой стороны опирается на подшипник (I0) через валик (9). Качалка на обоих плечах несет муфты (2), к которым на общей сборке крепятся золотниковые поршни. Для регулировки скорости перемещения качалки предусмотрена пластинчатая пружина (7), которая одним концом крепится двумя болтами (I6) к качалке, а другим-двумя болтами (I8) к неподвижной опоре кронштейна (I7). Для крепления узла управления при общей сборке рудевой машинки к шестеренчатому насосу в горизонтальной полке имеются отверстия (I9). Отверстия (20) предназначены для крепления воздушных клапанов, связывающих полости силового цилиндра с камерой низкого давления.

Рассмотрим технологический процесс сборки и балансировки узла управления.

Вначале качалка (I) собирается с муфтами (2). При этом необходимо выдержать определенный размер (H) и законтрить гайками (4). Затем нужно вставить болт (2I) и шпильку (II) по разрезным осям крепления качалок и затянуть предварительно. Потом на качалке закрепляются пластинчатая пружина (7) с помощью накладки и двух болтов (I6) и противовес (3) двумя винтами. После этого качалка проходит статическую балансировку. На муфтах (2) закрепляют грузики, имитирующие вес золотниковых поршней, пружин и гаек крепления. Качалку устанавливают на вал специального приспособления и проводят балансировку путем подпиливания противовеса (3).

Валик (9) запрессовывается в подшипник (I0), устанавливается в отверстие качалки и закрепляется гайками (I2). Теперь также в специальном приспособлении производится сборка качалки с реле и кронштейном. На кронштейне (8) устанавливается поляризованное реле (5) и закрепляется болтом (I3) и винтами (I4). Качалка надевается на вал реле (6) и закрепляется болтом (2I). Потом устанавливается корпус подшипника (22) и закрепляется двумя болтами (23). И, наконец, другой конец пружины (7) закрепляется на опоре кронштейна (I7) планкой и двумя болтами (I8).

На этом сборка узла управления заканчивается, и он поступает на динамическую балансировку.

Динамическая балансировка заключается в обеспечении баланса качалки (неподвижности ее) при воздействии значительных сил (нагрузок). Динамическое воздействие сил на узел управления осуществляется с помощью центробежного стенда. Узел управления закрепляется на поворотном столе стенда с помощью специального приспособления, которое позволяет определить отклонение качалки (дисбаланс).

На рис. 20 показана электрическая схема динамической балансировки. На муфтах (6) качалки (5) закрепляется специальная стрелка (1) с контактами (7). Напротив контактов закрепляются микрометрические винты (3) с определенным зазором  $\Delta$ . Микрометрические винты, стрелка и качалка включены в электрическую цепь. В случае

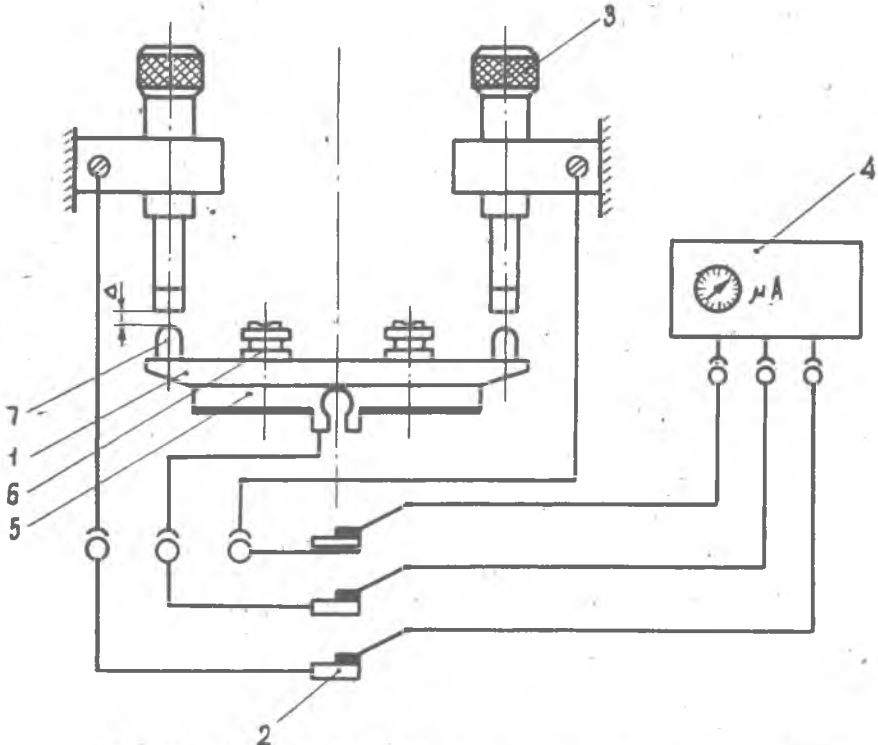


Рис. 20. Электрическая схема динамической балансировки качалки

перемещения (дисбаланса) качалки контакт стрелки (7) касается микрометрического винта (3), и цепь замыкается, что фиксируется миллиамперметром (4).

Порядок динамической балансировки заключается в следующем. Микрометрические винты поочередно подводятся к контактам стрелки, и записываются показания, определяющие ее статическое положение. Затем один микрометр отводится за пределы контактирования, а второй - на величину, обеспечивающую контактирование при заданной перегрузке (20 г), а потом - на минимальную величину, обеспечивающую отсутствие контактирования. Потом то же повторяется для первого микрометрического винта. Разность между величиной перемещения контактов микрометра от нулевого положения качалки является величиной дисбаланса. Если величина дисбаланса больше допустимой, то с помощью балансировочных гаек (12) ее уменьшают до минимума. После динамической балансировки места крепления гаек фиксируются нитроклеем; узел управления промывается в уайт - спирите и подается на общую сборку рулевой машинки.

#### § 8. Общая сборка и регулировка рулевой машинки

Общая сборка рулевой машинки является заключительным этапом процесса сборки. К качеству и условиям общей сборки предъявляются высокие требования. Сборку узлов и их монтаж можно производить только в перчатках и специальной одежде. Детали и узлы до окончательной сборки следует хранить погруженными в масло. Знакомство с порядком общей сборки дает возможность представить целиком всю последовательность технологического процесса окончательной сборки рулевой машинки, компоновка которой показана на рис. 21.

#### Порядок общей сборки рулевой машинки

Общая сборка рулевой машинки производится в соответствии со схемой (рис. 4), рассмотренной ранее, и состоит из следующих операций и заданий:

1. Проверка комплектности деталей согласно технологической карте и соответствия клейму номеру рулевого агрегата.

2. Проверка внешним осмотром чистоты и исправности деталей и узлов рулевой машинки. Забоины цапаины не допускаются.

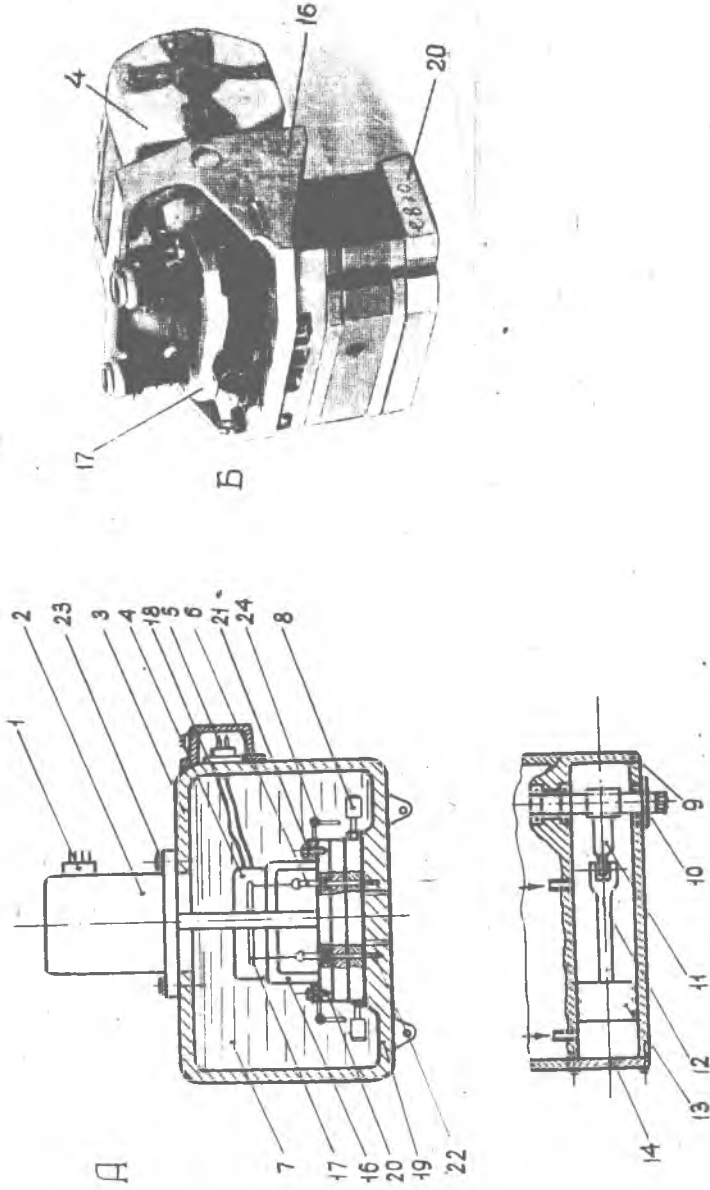


Рис. 21. А - компоновка рулевой машины ;  
Б - подсорбка: шестерчатый насос  
с узлом управления



3. Сборка силового кривошипно-шатунного механизма из отдельных деталей: поршня (13), шатуна (12), кривошипа (11), вала рулевой машинки (10) и др. и проверка плавности хода поршня в цилиндре и угла поворота вала (10) с помощью специального приспособления.<sup>х)</sup>

4. Установка шестеренчатого насоса (20) в корпусе (3) на плоскость платика (19) и крепление четырьмя болтами (22).

5. Обкатка шестеренчатого насоса (20) в корпусе рулевой машинки.

6. Пайка электрических жгутов (18) к поляризованному реле (4) и штепсельному разъему (5).

7. Установка реле с качалкой. Установить и закрепить качалку (17) с реле (4) к насосу (20) с помощью кронштейна (16) четырьмя болтами (21).

8. Установка экранов на кронштейн реле.

9. Сборка и установка золотниковых поршней.<sup>хх)</sup>

10. Подготовка и установка технологического электродвигателя (2).

11. Промывка внутренней полости рулевой машинки.

12. Установка дренажных воздушных клапанов (24), соединяющих обе полости силового цилиндра с камерой низкого давления. Конструкция воздушного клапана показана на рис. 22.

13. Заливка машины маслом РМЦ (7) (рафинированное машинное).

14. Регулировка параметров машинки.

• 15. Технологическая вибрация.

16. Окончательная регулировка машинки.

17. Обкатка рулевой машинки.

18. Проверка параметров машинки.

19. Контроль крепёжных деталей.

20. Слив масла. Проверка момента трения насоса. Промывка.

21. Заливка машинки маслом РМЦ в соответствии с техническими требованиями.

22. Установка штатного электродвигателя (2). Закрытие машинки и закрепление шестью болтами (23).

23. Промывка внешней поверхности. Внешний осмотр.

Рассмотрим операции пайки электрожгутов, заливки маслом, регулировки и проверки параметров рулевой машинки более подробно.

х) Более подробно конструкция и сборка силового кривошипно-шатунного механизма рассмотрена ранее в § 5 и на рис. 10.

хх) Конструкция золотниковых поршней и их сборка будут показаны при рассмотрении процесса регулировки рулевой машинки.

Пайка электрожгутов  
к поляризованному  
реле и штепсельному  
разъему

Эта операция производится согласно схеме, представленной на рис. 23. Как видно из схемы, штепсельный разъем (1) электрически соединяется с реле (2) двумя участками проводов (3) соединяет ШР с наружным выводом штыревой клеммы (4).

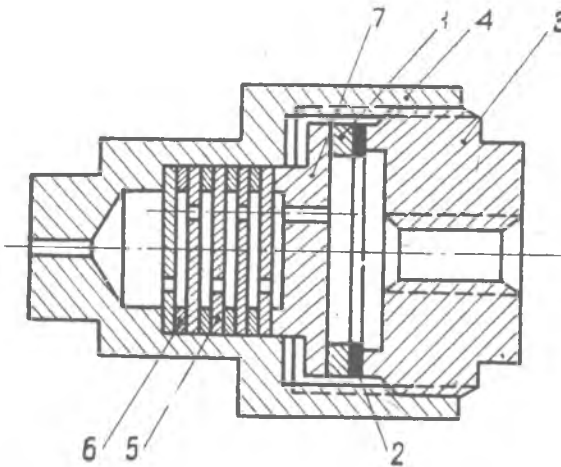


Рис. 22. Воздушный клапан

При этом провода к ШР крепятся пайкой, а к штыревым клеммам с помощью гаек (5). Штыревые клеммы изолированы и герметизированы от корпуса рулевой машинки (6) с помощью резиновых втулок (7). Второй участок проводов (8) находится внутри корпуса Р.М. Эти провода соединяются со штыревыми клеммами и клеммами (9) реле пайкой.

Порядок процесса пайки заключается в следующем. Вначале производится подготовка к пайке. Нарезаются провода и хлорвиниловые трубки. Зачищается изоляция на концах, и они промываются спиртом. После чего производится бескислотная пайка проводов в необходимых местах. Применяется припой ПОС-61 и ЛТИ-120 или спиртотанифольная смесь. Температура паяльника  $220 \pm 240^{\circ}\text{C}$ . После пайки качество соединения оценивается внешним осмотром, а прочность усиливается прикладываемым вдоль оси провода.

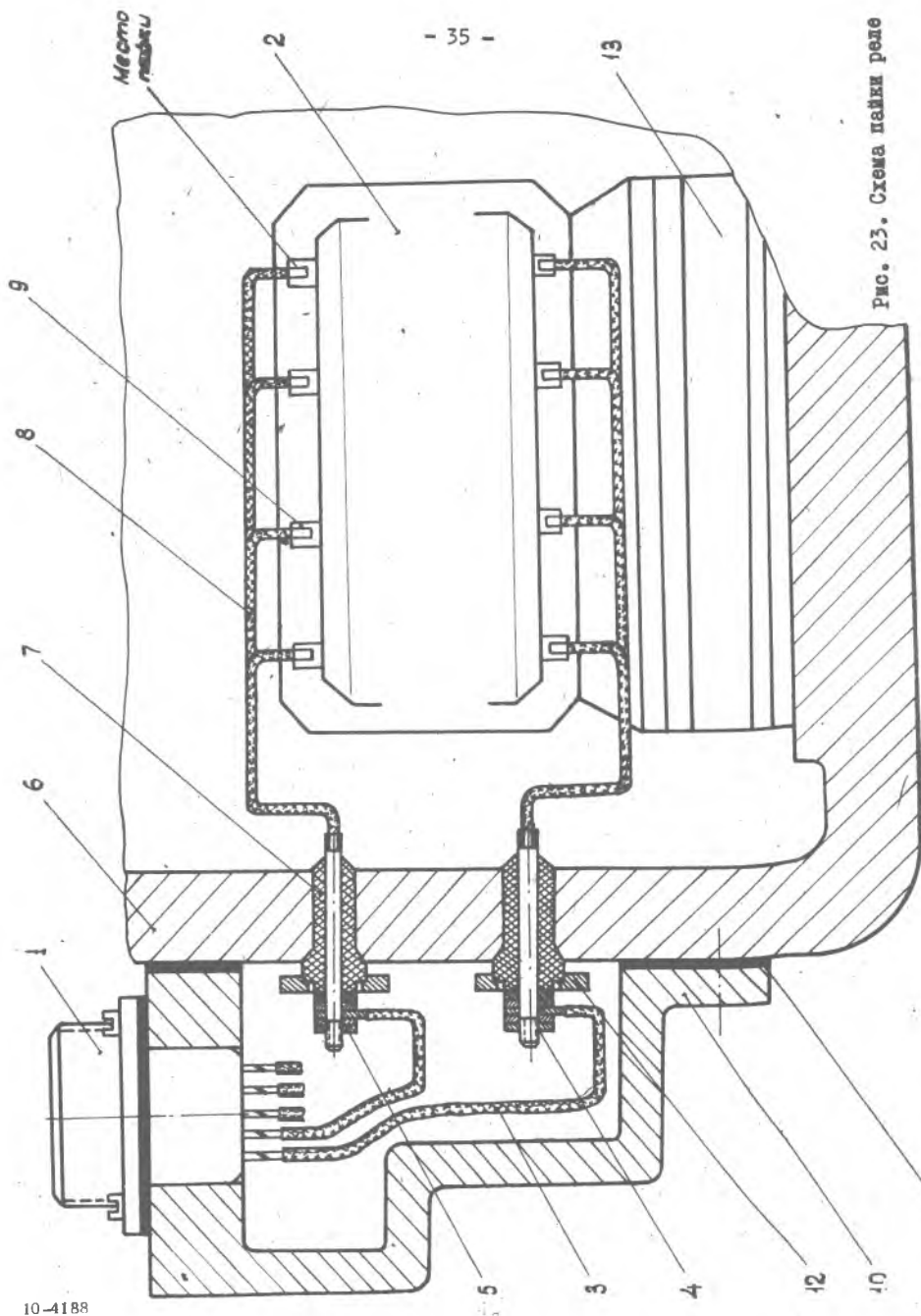


Рис. 23. Схема пайки реле

### Заливка масла в рулевую машинку

К заливке масла в рулевую машинку предъявляются очень высокие требования. Необходимо обеспечить идеальную чистоту масла и строго определенный объем.

В качестве рабочих жидкостей в гидравлических рулевых машинках применяются рафинированные из нефтепродуктов, которые обладают хорошими смазывающими свойствами по отношению к применяемым материалам трущихся пар, минимальной зависимостью изменения вязкости от температуры в требуемом диапазоне, нейтральностью к применяемым материалам, высоким объемным модулем упругости и малым коэффициентом теплового расширения, а также рядом других ценных свойств.

Заливка масла в рулевую машинку производится на специальном стенде, конструкция которого показана на рис. 24.

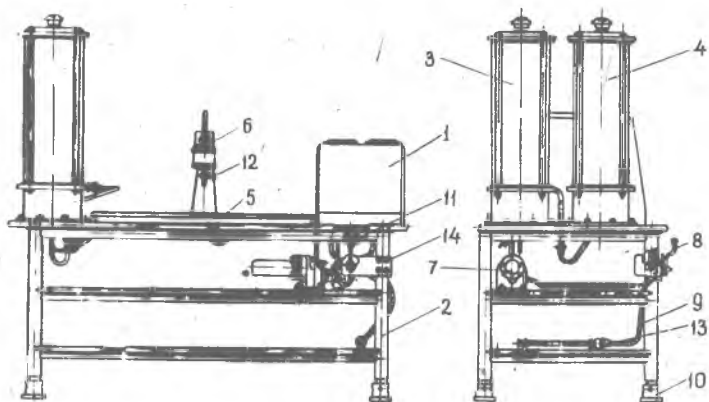


Рис. 24. Стенд для заливки масла в Р.М.

Вначале стенд подготавливается к заливке маслом. Колбы, трубопроводы промываются, затем продуваются горячим воздухом. Этот цикл проводят для определенной партии машинок.

Заливка масла в колбы (3; 4) осуществляется следующим образом. Щуп с сеточным фильтром (13) опускается в емкость с маслом. Трехходовой кран (8) перебрасывается в положение "в колбу", и включается тумблер (14) электродвигателя (7) с помпой. После заливки колбы Р.М. устанавливается на панель-крыто (5) под заливную колонку (6). Открывается кран (12), и масло качается в рулевую машинку до определенного уровня. По окончании заливки специальным дозиметром из рулевой машинки выбираются несколько кубиков масла.

### Регулировка

Регулировка рулевой машинки (рис. 25) осуществляется, во-первых, за счет изменения расстояния " L " от оси вращения качалки (5) (или ее плоскости) до торца плунжера (8), что дает возможность обеспечивать необходимое перекрытие или проходное сечение выходных каналов (12), сообщающих нагнетающую сторону насоса с камерой низкого давления. Выходные каналы расположены в ведомых шестернях. Плавающий плунжер (8), представляет собой трубку (8) с окнами (11), подвижно связанную через проволоку (7), с головкой (6), в которой имеется штифт (2). Закрепление плунжера (8) на муфте (1) качалки осуществляется за счет опирания штифта (2) на пружину (4). Изменяя длину пружины  $l$  за счет гайки (3), можно обеспечить необходимую длину " L ", а стало быть и нужное проходное сечение отверстий (12).

Кроме того, чувствительность рулевой машинки зависит от жесткости (длины) пластинчатой пружины, которая связывает качалку с кронштейном крепления реле, о чем указывалось в § 7. Изменением длины этой пружины добиваются необходимой величины чувствительности агрегата.

После общей сборки и предварительной заливки маслом рулевая машинка подвергается регулировке. В процессе регулировки добиваются обеспечения необходимых параметров (характеристик) ее в соответствии с техническими условиями. Например, обеспечения нулевого (исходного) положения выходного вала Р.М. при отсутствии командного тока ( $i_K = 0$ ), определенной чувствительности, необходимой скорости и угла поворота в двух направлениях при различных величинах командного тока, динамических характеристик и т.п.

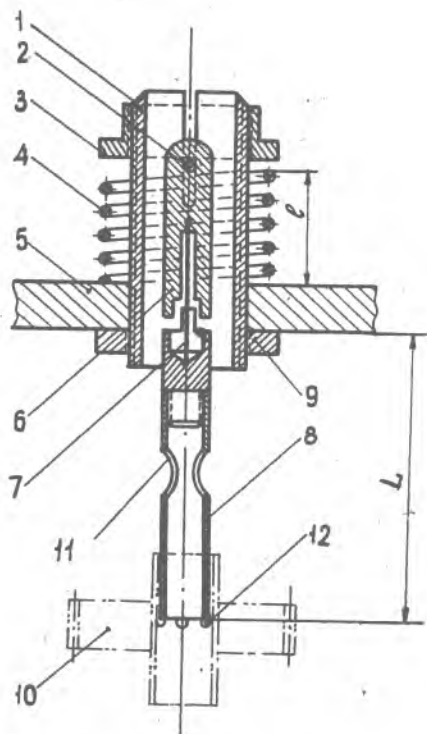


Рис. 25. Крепление поршня-золотника на качалке

Возможное смещение вала рулевой машинки от нулевого положения, а также разброс величин параметров при повороте вала связаны с погрешностями изготовления насоса (разные производительности на правой и левой парах), погрешностями каналов, золотниковых поршней и т.п.

Регулировка осуществляется на специальной установке с пультом управления, которая дает возможность проверить все параметры рулевой машинки.

Для того, чтобы обеспечить доступ рабочего-исполнителя к механизму управления (реле с качалкой и золотниковым поршнем), электродвигатель рулевой машинки поднимается относительно корпуса на специальной подставке и через технологический удлиненный вал соединяется с ведущей шестерней насоса.

#### Установка для регулировки и испытания рулевой машинки

Установка (рис. 26) представляет собой жесткий сварной стол (22), на который устанавливается пульт управления (5) и рулевая машинка (3). Для создания динамического нагружения внизу стола смонтирована плоская пружина (8), один конец которой закреплен неподвижно, а другой-свободный соединен с подвижным зубчатым сектором (28). Длину свободной части пружины можно менять с помощью специального зажима (4), что создает определенную жесткость пружины, а следовательно, и определенную величину нагружения вала Р.М. Для создания статического нагружения стэнд имеет специальный двушпечный рычаг (27), на который подвешиваются грузы (30) определенной величины.

Для управления рулевой машинкой и замеров необходимых параметров применяется специальный электрический пульт, который подает постоянное напряжение (28 в) к электродвигателю, напряжение 220 в переменного тока - к электрическому тахометру и потенциометру, а также дает возможность создавать необходимые командные токи.

#### Техническая характеристика установки

Максимальная нагрузка при снятии скоростных характеристик до 80 данн.

Угол поворота двушпечного рычага установки не менее  $\pm 45^{\circ}$ .

Максимальная нагрузка при снятии динамических характеристик до 25 данн.

Градиент нагрузки 0,5 данн/град.

Точность замера угла поворота вала

(при цене деления шкалы не более

20')  $\pm 20'$

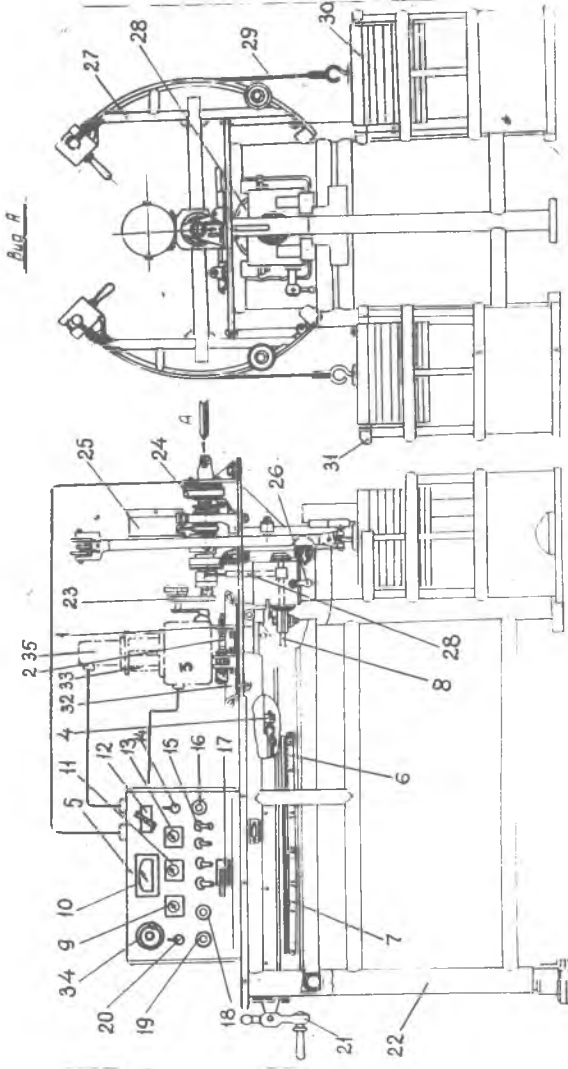


Рис. 26. Общий вид установки для регулировки и контроля параметров рулевой машины



Нечувствительность двулучевого рычага в обе стороны с измерительным потенциометром из любого рабочего положения не более 0,05 данн.  
Габариты стенда I740 x I450 x I410 мм.

Порядок работы на установке при замере параметров регулировки рулевого агрегата.

1. Установить рулевую машинку на кроштейн (I) стенда и закрепить. На специальной подставке (33) установить электродвигатель (35), вал которого соединяется с ведущей шестерней насоса с помощью удлинителя.

2. Подсоединить Ш.Р. пульта туготом к рулевой машинке, и пульт подключить в сеть.

3. Подогреть масло в рулевой машинке до температуры  $35 \pm 5^{\circ}$  и включить пульт. Эта операция производится на холостом ходу без подачи команд и без нагрузки. Время предварительного прогрева примерно 3-5 минут.

4. Проверить подвижку ненагруженного исполнительного вала силового механизма при включенной обмотке подмагничивания и отсутствии сигналов на обмотках управления поляризованного реле.

Подвижка вала допускается, но должна прекращаться при подаче в одну из управляющих обмоток сигнала не более 0,25 ма (и не более 0,5 ма в процессе эксплуатации).

Если подвижка вала не прекратится при подаче сигнала 0,25 ма, то следует произвести регулировку, для чего снизить давление жидкости до "0" (выключить эл. мотор) и установить такую длину золотникового поршня, при которой будет отсутствовать подвижка вала Р.М.

5. Проверить зону нечувствительности.

Зона нечувствительности Р.М. есть интервал сигналов, в котором исполнительный вал остается неподвижным. Зона нечувствительности представляет собой сумму абсолютных значений сигналов, если они имеют разные знаки (направления), и разность, если знаки сигналов одинаковы. А под чувствительностью Р.М. понимается величина минимального командного тока, при котором происходит трогание вала Р.М. Для определения зоны нечувстви-

тельности подают сигнал в обмотку управления поочередно -  $0,1 \mu\text{а}$ ,  $0,2 \mu\text{а}$ ,  $0,3 \mu\text{а}$  и т.д. - до тех пор, пока вал начнет двигаться. Из имеющихся данных о величине поданного сигнала, при котором произошло начало движения вала, определяют зону нечувствительности агрегата, которая должна быть не более  $0,5 \mu\text{а}$ .

Например, движение вала по часовой стрелке начинается при

$$i_k = +0,4 \mu\text{а}, \text{ а против при } -0,1 \mu\text{а}.$$

Зона нечувствительности  $|-0,1| + |0,4| = 0,5 \mu\text{а}$ .

#### 6. Проверить величину смещения нуля.

Величина смещения нуля равна полусумме сигналов, определяющих зону нечувствительности с учетом их знаков.

Для указанного примера смещение нуля будет равно

$$\frac{(-0,1) + (+0,4)}{2} = +0,15 \mu\text{а}.$$

По техническим условиям смещение нуля в ту и другую сторону должно быть не более  $0,25 \mu\text{а}$ .

#### 7. Проверить скоростную характеристику рулевой машинки.

Скоростная характеристика проверяется величиной угла поворота вала рулевой машинки в зависимости от характера нагружения вала и величины командного тока.

Вначале производится замер скорости вращения вала при холостом ходе рулевой машинки, т.е. без нагрузки. Для этого по вольтметру (9) с помощью регулятора (34) устанавливается нужное напряжение питания электродвигателя. С помощью переключателя (12) и регулятора (16) устанавливается определенная величина командного тока (например,  $10 \mu\text{а}$ ). Затем ручным переключателем (17) обеспечивается вращение вала рулевой машинки по часовой стрелке и наоборот. При этом по амперметру (11) замеряется ток, потребляемый электродвигателем. С помощью электротахометра (10) замеряется скорость поворота вала рулевой машинки.

Затем замеряется скорость вращения при динамическом нагружении вала Р.М. Динамическое нагружение осуществляется с помощью плоской пружины (8) за счет соединения конца свободной части

пружины через подвижный сектор (28) и рычаг (23) с валом Р.М. Длина свободной части пружины зависит от положения прижима (4), который перемещается вращением рукоятки (21).

Подавая определенную величину командного тока, по шкале (25) определяют угол поворота и скорость вращения по эл. тахометру (10). Величина скорости вращения должна соответствовать требуемому градиенту изменения нагрузки по углу поворота ( $\alpha_{\mu} = \frac{M_{кр}}{\alpha_{повор}}$  град).

Р.М. при статическом нагружении. Для загрузки применяется рычаг (27), на который поочередно подвешивается груз (30) то с одной, то с другой стороны, создавший определенный крутящий момент загрузки. В зависимости от величины командного тока и загрузки замеряется скорость вращения вала рулевой машинки.

Величины скорости вращения вала Р.М. должны соответствовать техническим требованиям.

9. Проверить правильность направления вращения вала Р.М.

Для этого подают командный ток разных знаков - (+) или (-). По отклонению стрелки эл. тахометра вправо или влево, судят о направлении вращения вала Р.М. Если подается плюсовой ток, то вал вращается по часовой стрелке (если смотреть с торца на вал), а при минусовом токе - против часовой стрелки.

10. Проверить величину тока, потребляемого электродвигателем по амперметру (II) при холостом ходе и под нагрузкой Р.М.

После регулировки масло заменяется, окончательно закрепляется эл. двигатель (35) к фланцу корпуса, и рулевая машинка поступает на испытания.

## Л Е К Ц И Я № 2

### ИСПЫТАНИЯ РУЛЕВЫХ МАШИНОК

После сборки и регулировки рулевые машинки проходят широкий комплекс различных видов испытаний с целью определения действительной, а вернее номинальной технической работоспособности и надежности.

В соответствии с техническими условиями рулевые машинки подвергаются следующим видам испытаний:

- прирабочным;
- контрольным;
- типовым;
- транспортным;
- ресурсным.

Рассмотрим содержание этих испытаний.

#### §1. Прирабочные испытания

Они предназначены для выявления дефектов (отказов), появившихся в процессе производства. Это первый этап работы собранной, готовой рулевой машинки, когда вероятность появления отказа наибольшая. Поэтому приработку рулевые машинки проходят на производстве с тем, чтобы в эксплуатации избежать отказов.<sup>3</sup> Приработке подлежат все рулевые машинки. Она заключается в следующем.

Рулевая машинка закрепляется в кронштейне на стенде (рис.26). Затем подсоединяется загрузочное статическое приспособление. После этого производится приработка агрегата под нагрузкой на валу рулевой машинки путем подачи попеременно в обмотки управления командного тока.

Программа приработочных испытаний включает в себя циклическую работу рулевой машинки в определенных режимах. Например, рулевая машинка работает 30 циклов по 20 минут. При этом 15 минут она работает вхолостую, а 5 минут с подачей команд. Через каждые 5 циклов проверяются параметры работоспособности рулевой машинки. Кроме того, меняется частота и форма команд, которая создается специальным прибором-низкочастотным генератором периодических колебаний НГПК-2, так называемым синус-датчиком. Время приработочных испытаний составляет 10% ресурса рулевой машинки. После окончания испытаний, в случае необходимости производится регулировка и проверка параметров рулевой машинки.

## §2. Контрольные испытания

Они предназначены для определения работоспособности при испытаниях рулевых машинок на вибрацию и герметичность, а также включают в себя контроль прочности и сопротивления изоляции электрических проводов разобращенных цепей.

Контрольные испытания проходят все рулевые машинки.

Испытания на вибрацию являются одним из видов испытаний рулевых машинок на влияние механических воздействий. При этом испытании проверяют прочность и устойчивость рулевых машинок. Изделия, способные противостоять разрушающему влиянию механических воздействий (вибрации, тряске и ударам) и продолжать после этого нормально выполнять свои функции, относятся к вибропрочным, тряскопрочным и ударопрочным. Изделия, способные нормально выполнять свои функции во время вибрации, тряски считаются виброустойчивыми и тряскоустойчивыми. К основным источникам вибрации на летательных аппаратах относится двигательная установка.

Устройство, создающее искусственную вибрацию для испытания, называется вибратором.

Испытания чаще всего проводятся с помощью специальных установок вибрационных стендов, характеристики которых приведены в таблицах 1 и 2.

Наиболее часто приборы и агрегаты летательных аппаратов подвергаются при испытании вибрации синусоидальной формы, которая характеризуется следующими основными параметрами, связанными формулами:

$$J_g = \frac{(2\pi\nu)^2 \cdot S}{g} = \frac{4\pi^2 \nu^2 S}{9810}, \quad (1)$$

или, с некоторым приближением,

$$J_g = \frac{2S}{500} \cdot \nu^2, \quad (2)$$

где

$S$  - амплитуда смещения, мм;

$J_g$  - амплитуда ускорения в единицах  $g$ ;

$\nu$  - частота вибрации в секунду или гц ( $\nu = \frac{n}{60}$ );

$n$  - частота вибрации в мин.

### ХАРАКТЕРИСТИКА ВИБРОСТЕНДОВ

Таблица I.

Группа по диапазонам частот	Катег. вибростенда по дан. диапазону частот	Диапазон испытат. частот гц	Интервал предельн. амплитуд	
			виброускорений,	вибросмещений мм
Инфранизкие частоты	I	0,1-5	0,02-5	500-50
	II	1-10	0,5-10	125-25
Низкие частоты	I	5-50	1,0-10	10-1,0
	II	10-100	2,0-20	5,0-0,5
Средние частоты	I	20-200	4-15	2,5-0,1
	II	20-500	4-25	2,5-0,025
Высокие частоты	I	50-1000	10-25	$1-6,25 \cdot 10^{-3}$
	II	50-2000	10-50	$1-3,125 \cdot 10^{-3}$
	III	50-2000	10-100	$1-6,25 \cdot 10^{-3}$
Ультравысокие частоты	I	10-5000	10-50	$0,25-0,5 \cdot 10^{-3}$
	II	100-5000	10-100	$0,25-1 \cdot 10^{-3}$
	III	100-10000	10-100	$0,25-0,25 \cdot 10^{-3}$
	IV	100-10000	10-250	$0,25-0,625 \cdot 10^{-3}$

## ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬ И ГАБАРИТЫ ВИБРОСТЕНДОВ

Таблица 2.

Тип вибростенда по испытательным частотам	Максимальная грузоподъемность кг (н)	Габариты рабочего стола, мм
Вибростенды низких, средних, высоких и ультравысоких частот.	I (9,8I)	100 x 100
	IS (147, IO)	260 x 350
Вибростенды инфранизких, низких, средних и высоких частот.	50 (490)	400 x 600
	100 (98I)	500 x 1000
Вибростенды низких и средних частот.	250 (2452)	500 x 1000
	500 (4902)	800 x 1250

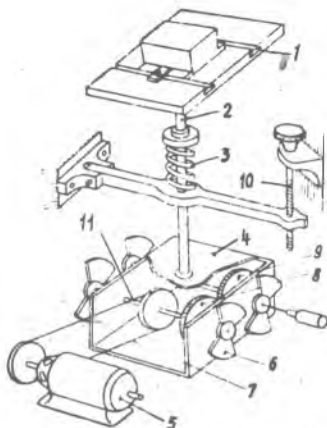
Контроль параметров вибрации рабочего стола стенда осуществляется с помощью частотомера с визуальным индикатором и микроскопом для отсчета амплитуд вибрационных смещений рабочего стола. Иногда вибростенд снабжается счетчиком циклов колебаний, дистанционный виброакселерометром (виброметром) для измерения вибрационных ускорений (или смещений) стола.

При испытаниях рулевых машинок наиболее часто используются механические инерционные вибростенды.

Инерционные вибростенды

У инерционных вибростендов вибрация рабочего стола возникает под действием результирующей центробежной силы, создаваемой двумя неуравновешенными массами, вращающимися в противоположных направлениях.

Масса вибрирующей части стенда (рис. 27) вместе с массой испытуемых приборов составляет массу подвижной части, вес которой уравнивается пружиной (3). Вибратор (4) состоит из двух вращающихся в разные стороны валов, на концах которых насажены грузы в виде двух стальных секторов. Вал (II) получает вращение от электродвигателя (5) через клиноременную передачу (7) и, будучи связан с зубчатой передачей (8), (9) с другим валом, сообщает ему движение с той же скоростью, но в обратном



направлении. Механизм вибростенда собирается так, чтобы результирующая центробежная сила  $F$ , создаваемая неуравновешенными грузами, была направлена вдоль оси (2). Эта сила, приводящая подвижную часть стенда в возвратно-поступательное движение, определяется из формулы

$$F = 2F_0 \cdot \omega t, \quad (3)$$

Рис. 27. Инерционный вибростенд

- где  $F_0 = m \cdot R \cdot \omega^2$  — центробежная сила одного вращающегося груза;  
 $\omega$  — угловая скорость вращения груза;  
 $m$  — масса груза;  
 $R$  — расстояние от оси вращения до центра тяжести груза;  
 $t$  — время испытания.

При испытании на рабочем столе (I) жестко закрепленного изделия амплитуда колебания рабочего стола может быть найдена из уравнения

$$M \frac{d^2 x}{dt^2} + k \cdot \frac{dx}{dt} + 2F_0 \sin \omega t = 0, \quad (4)$$

- где  $M$  — масса всей подвижной системы;  
 $x$  — смещение стола (I) относительно положения равновесия;  
 $k$  — жесткость пружины (3).

Для установившихся вынужденных колебаний можно найти из этого уравнения величину смещения

$$x = A \cdot \sin \omega t, \quad (5)$$



где  $A$  - амплитуда колебания.

Выражение для определения амплитуды вибрации стола получается после дифференцирования уравнения (5) по времени и подстановки результата дифференцирования в уравнение (3)

$$A = \frac{2mR}{\mu \left(1 - \frac{f_0^2}{f^2}\right)}, \quad (6)$$

где  $f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{M}}$  - частота собственных колебаний подвижной части стенда на компенсирующей пружине;  
 $f$  - частота вынужденных колебаний подвижной части, равная числу оборотов валов вибратора в сек.

Полагая, что  $f \gg f_0$ , получим из выражения (6) величину

$$A = \frac{2mR}{M} \quad (7)$$

Обозначив кинетический момент вибратора  $P = 2mRq$ , а вес подвижной системы  $Q = Mg$ , можно написать

$$A = \frac{P}{Q} \quad (8)$$

т.е. амплитуда колебания от частоты не зависит.

Как указывалось, на каждом валу вибратора закрепляются на концах по два сектора. По одному сектору на каждом конце вала закрепляется жестко, но так, чтобы их радиальные направления совпадали. Два других сектора вала, по одному с каждого конца, также жестко укреплены на валу и радиальные их направления совпадают, но отличаются от направления первых двух секторов на некоторый угол  $\theta$ . Таким образом, из формул (3), (5), (6) можно написать:

$$F = 2z F_0 \cos \frac{\theta}{2} \cdot \sin \omega t = 2z m_0 R \omega^2 \cos \frac{\theta}{2} \cdot \sin \omega t ;$$

$$A = \frac{2m_0 R z \cos \frac{\theta}{2}}{M} \quad (9)$$

где  $m_0$  - масса одного сектора;  
 $z$  - число грузов на одном валу;  
 $\Theta$  - угол между парными грузами.

Из приведенных выражений видно, что изменение амплитуды колебания удобно получать изменением угла  $\Theta$ . Конструкцией вibrостенда предусмотрена возможность изменения и надежной фиксации этого угла (рис. 28).

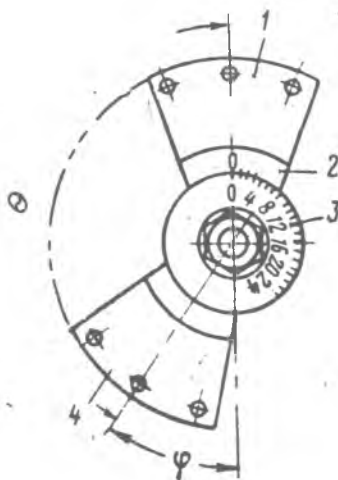


Рис. 28. Способ регулировки величины амплитуды колебаний платформы стенда типа ВС-70

По формуле (9) можно составить таблицу, характеризующую зависимость амплитуды от нагрузки на рабочий стол и положения секторов.

Изменение режима работы стенда осуществляется с помощью отдельного блока, включающего в себя выпрямитель и пульт управления. Стенд получает питание от сети переменного тока (220 в, 50 гц), последний преобразуется селеновым выпрямителем в постоянный ( $U = 220$  в). Число оборотов двигателя определяет частоту колебания.

Максимально допустимую амплитуду стола стенда при наибольшей частоте колебания и заданной величине максимально допустимого ускорения можно вычислить по известной формуле

$$J_g = \frac{A \nu^2}{250} \quad (10)$$

Для облегчения работы в процессе испытания заранее вычисляют по формуле (10) таблицы значений амплитуды для различных частот и ускорений.

Необходимая величина угла сдвига секторов определяется по таблице или расчетом.

В случае недопустимого уменьшения зазора между столом и станиной (большой вес изделия), стол поднимает воздействием винта (10) на пружину (3) через промежуточный рычаг.

Стенд устанавливается строго горизонтально и заземляется. При контрольных испытаниях рулевых машинок на низких частотах широко применяется инерционный вибростенд ВС-70, конструкция которого показана на рис. 29. Этот стенд обеспечивает изменение диапазона частот в пределах 15-70 гц и амплитуд 0 - 2,5 мм. Предельная нагрузка на платформу до 70 кг.

Теперь рассмотрим порядок испытания рулевых машинок на вибрационном стенде ВС-70 на типовом технологическом процессе:

1. Установить рулевую машинку в присоединении на стол стенда и закрепить, совмещая ось ее электродвигателя с осью вибратора.

2. Смазать краской места крепления рулевой машинки.

3. Настроить вибростенд на нужные параметры испытания.

4. Включить вибростенд и подвергнуть вибрации рулевую машинку на следующих режимах: частота - 50 - 70 герц, амплитуда - 0,5 - 1,0 мм в течение 3-5 минут.

5. Выключить стенд. Проверить внешним осмотром наличие негерметичности и ослабления болтов.

6. Установить рулевую машинку в другое положение, повернув ее на  $90^{\circ}$ , и повторить испытание.

После контрольных виброиспытаний рулевая машинка подвергается проверке всех параметров работоспособности на стенде (рис.26)

#### Испытание на герметичность при пониженном давлении

Это контрольное испытание производится в специальной бронекамере (рис. 30) (бронешкафу). Она представляет собой стальной бронешкаф сварной конструкции (1), установленный на сварной подставке (6), опирающейся на пол цеха. Для установки рулевой машинки в камере имеется дверца (4) с бронестеклом (5) дающая возможность осуществлять наблюдения. Дверца герметичная,

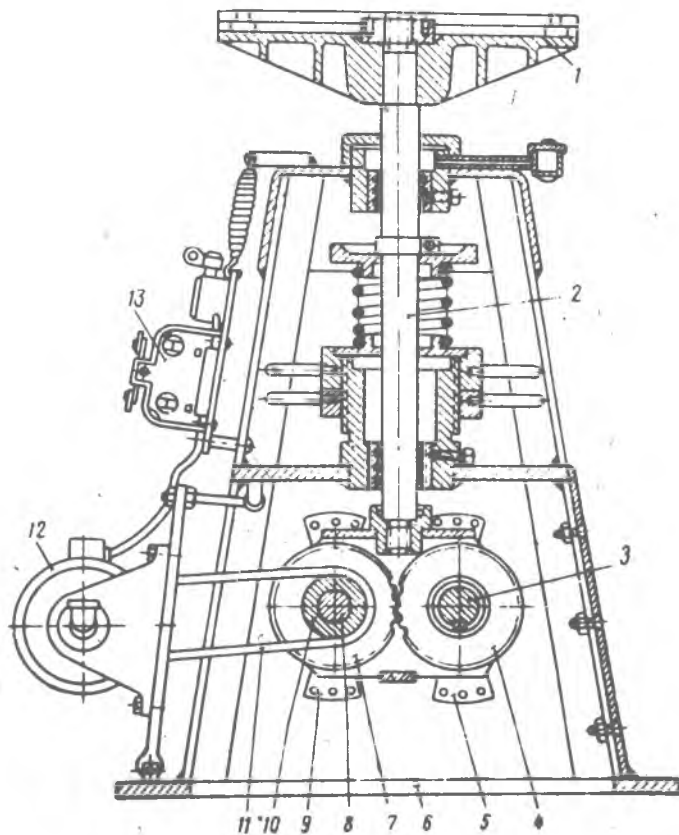


Рис. 29. Конструктивная схема вибационного стенда типа ВС-70

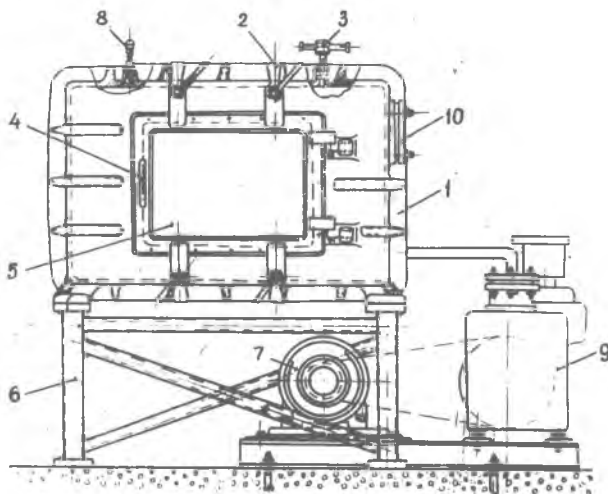


Рис. 30. Бронекamera

и во время испытания крепко закрывается четырьмя зажимами (2). Кроме того, в камере имеются несколько отверстий. Отверстие со штуцером (8) служит для подсоединения мановакуумметра ЛТ-2. Винт (3) закрывает дренажное отверстие. Через окно (10) подключается герметичный ввод для управления рулевой машинкой. Разряжение в камере достигается с помощью механического вакуумного насоса ВН-1 (9), работающего от электродвигателя (7).

#### Техническая характеристика

1. Вакуум - 0,5 мм рт.ст.
2. Объем камеры - 1 м<sup>3</sup>.
3. Вакуумный насос ВН-1.
4. Средняя скорость откачки - 18,3 л/сек.
5. Габариты камеры 1600 x 640 x 1090 мм.

Порядок испытания на герметичность следующий:

- I. Установить рулевую машинку в камеру и подсоединить штепсельный разъем к стенду для управления.

2. Закрыть и закрепить дверцу камеры (4) и завернуть дренажный винт (3).

3. Включить вакуумнасос ВН-1 и довести давление до  $p = 5$  мм рт.ст.

4. Выдержать рулевую машинку при этом давлении 15 мин.

5. Включить рулевую машинку и поработать 5 мин.

6. Отключить рулевую машинку.

7. Отключить вакуумный насос.

8. Открыть дренажный винт (3).

9. Открыть дверцу камеры и вынуть приводной механизм.

10. Осмотреть Р.М. на наличие негерметичности, используя фильтровальную бумагу. Недопускается запотевание корпуса Р.М.

#### Электрические испытания изоляции токоведущих цепей рулевой машинки

Эти испытания состоят из проверки электрической прочности изоляции и измерения ее электрического сопротивления.

Проверка электрической прочности и сопротивления изоляции производится на собранных агрегатах между электрически несоединенными цепями и между электрическими цепями и металлическими нетоковедущими частями изделия.

Вначале проверяется электрическая прочность, а затем — сопротивление изоляции.

Места приложения испытательного напряжения оговариваются в программе испытания или в технических условиях.

#### Проверка электрической прочности изоляции

Электрической прочностью называется способность электрической изоляции выдерживать действие приложенного к ней электрического напряжения.

Неограниченно высокое напряжение всегда оказывает разрушающее действие на любую изоляцию, вызывая ее пробой. Электрическая прочность изоляции (э.п.и.) характеризуется величиной

напряжения, при котором наступает пробой. Это так называемое пробивное напряжение. Пробивное напряжение зависит от материала и толщины изоляции. Для надежной работы агрегатов и их электрических узлов рабочее напряжение изоляции должно быть меньше ее пробивного напряжения. Для проверки электрической прочности изоляция рулевой машинки и ее электрических узлов подвергается испытанию путем приложения электрического напряжения, которое значительно больше напряжения питания изделия, но меньше пробивного напряжения.

Величина испытательного напряжения берется в зависимости от величины напряжения питания прибора. При напряжении питания до  $U = 99$  в испытательное напряжение  $U_{исп}$  берется равным 500 в. При  $U = 100 + 650$  в  $U_{исп} = 2000$  в.

При  $U = 651 + 1000$  в  $U_{исп} = 3000$  в.

Испытание проводится переменным током частотой 50 герц при мощности источника 0,5 ква.

Проверка Э.П.И. производится на специальных установках.

Проверка сопротивления изоляции производится с помощью универсальных электроизмерительных приборов-тестеров, а также специальных приборов мегометров.

### §3. Типовые испытания

Эти испытания предназначены для определения качества и работоспособности рулевых машинок в условиях, типичных для эксплуатации. Эти условия определяются тремя основными факторами: механическими нагрузками, связанными с работой конструкции в полете, окружающими условиями (температура, давление, влажность), возможностями транспортировки.

Типовым контрольным испытаниям подвергаются 3-5% Р.М. от серии, но не менее трех. После типовых испытаний рулевые машинки на изделие не ставятся.

Программа типовых испытаний включает:

- испытания на вибронатрузки с повышенной частотой;
- испытания на воздействие линейных центробежных ускорений;
- испытания на воздействие высокой температуры;
- испытания на воздействие низкой температуры;

испытания на воздействие повышенной относительной влажности;  
испытания на воздействия пониженных давлений.

#### Испытания на вибронгрузки с повышенной частотой

Эти испытания проводятся на специальных электромагнитных и электродинамических стендах. Рулевая машинка устанавливается в специальное приспособление и закрепляется на столе стенда в определенном заданном положении относительно направления действующих сил. Затем производится испытание на режимах: частота = 300 гц и амплитуда - 1 мм. Время испытания ~ 5 мин. После испытания проверяется надежность крепления болтовых соединений: нет ли самоотвинчивания, а затем проверяются на стенде параметры работоспособности рулевой машинки.

В нашей промышленности получили распространение электромагнитные вибростенды фирмы Аскания (Тельтов, Берлин, ГДР). Рассмотрим для примера, стенд 20-1000. (рис. 31).

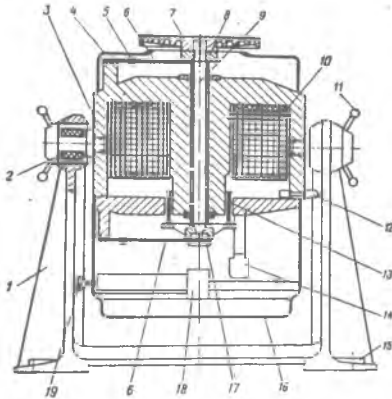


Рис. 31. Вибростенд 20-1000

#### Техническая характеристика

Диапазон частот 20-1000гц  
Диапазон амплитуд 0 - 8 мм.  
Диапазон ускорений 0 - 12 g  
Максимальный вес испытываемого изделия 15 кг  
Вес стола 500 кг  
Площадь стола 90 x 56 см.

Вибростенд 20-1000 работает следующим образом. В поле электромагнита, питаемого постоянным током, вибрирует катушка, подключенная к сети

переменного тока, амплитуда и частота которого могут регулироваться. С катушкой жестко связан вибрирующий рабочий стол, подвешенный в чугунной станине (1).

Круглый стальной корпус (3) магнита установлен на резиновых буфетах (2) в подшипнике, где он может поворачиваться на угол до 90°. Наличие эластичных прокладок (2) устраняет необходимость в фундаменте. В корпусе (3) на сердечнике помещена катушка возбуждения (10). В воздушном зазоре магнита находится



вибрирующая катушка (13), соединенная ведущим стержнем (9) с фланцем (8). Катушка, стержень и фланец образуют колебательную систему. Четыре плоские пружины (6), по две сверху и внизу, направляют колебательную систему при ее перемещении в зазоре. Для предотвращения возможного резонанса пружины снабжены амортизаторами (5).

Испытуемые агрегаты укрепляются либо на фланце (8), либо на плите (7), установленной на фланце. К вибросистеме жестко прикрепляется емкостный датчик ускорения (17), а к корпусу - осциллятор (18) измерителя ускорения. Анодный ток покоя осциллятора устанавливается нажимом и поворотом ручки (19). В нижней части корпуса (3) находится планка (14) для подключения пульта.

Все вибрирующие и токопроводящие части защищены колпаками (4) и (16). Зажимы (11) удерживают рабочий стол в желаемом положении при наклоне от 0 до  $90^{\circ}$ . Через патрубок (12) подводится воздух для охлаждения. Помимо вибрирующего стола в комплект установки входят: пульт управления, панель включения, гетеродинный генератор, усилитель сигнала измеряемого ускорения, низкочастотный усилитель, узел присоединения к сети, узел питания магнита и панель соединений.

### Электродинамический вибростенд

Этот стенд также широко применяется при вибриспытаниях рулевых машинок. Рассмотрим схему и принцип работы этого стенда (рис. 32).

Возбудителем вибрации в этом стенде является электродинамический вибратор. Он состоит из железного магнитопровода (1) и катушки намагничивания (2), питаемой от генератора постоянного тока (11). Катушка намагничивания создает постоянное магнитное поле, переходящее по железному магнитопроводу. В верхней части магнитопровода имеется кольцевой зазор, в который помещается подвижная катушка (6), по обмоткам которой проходит переменный ток. В результате взаимодействия переменного тока в подвижной катушке (6) с постоянным магнитным полем в зазоре магнитопровода возникает сила, воздействующая на подвижную катушку. Таким обра-

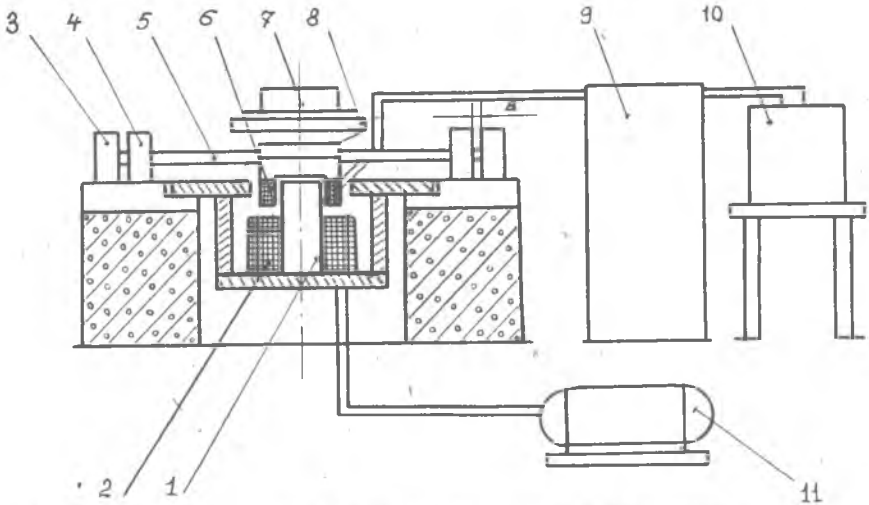


Рис. 32. Электродинамический вибростенд

зом, подвижная катушка колеблется с частотой, равной частоте питающего ее тока. Частоту питающего тока можно плавно менять при помощи звукового генератора. Трансляционный усилитель (9) служит для усиления мощности подводимого к подвижной катушке вибратора тока от генератора звуковой частоты 10.

Для получения больших амплитуд механическая часть вибростенда работает при резонансе. Упругим элементом-рессорой является вал (5). Настройка в резонанс осуществляется передвижением призм (4). К столу (8) закрепляется испытуемое изделие (7).

Для получения больших перегрузок механическую часть стенда необходимо настроить в резонанс по данным таблицы.

№№	$\delta$ мм	$f$ гц	$J_d$	$\alpha$ амплитуда мм	Примечание
1.	10	80	32	1,23	Перегрузка $J_d$ указана для нагрузки $30 \pm 1$ кг
2.	150	120	42	0,748	
3.	352	290	38	0,123	

Ускорение рассчитывается по формуле  $a_g = a \omega^2$ ,  
 где  $\omega = 2 \pi f$ ; или находится по графику, если известны  
 частота и амплитуда.

Испытание на воздействие линейных (центробежных)  
 ускорений

Это испытание на перегрузки проводится на специальных  
 стендах-установках, представляющих собой вращающиеся столы.  
 Установки (центрифуги), создающие в горизонтальной плоскости  
 линейные (центробежные) радиально направленные ускорения, ха-  
 рактеризуются следующими эксплуатационными параметрами:

- максимальной величиной линейного ускорения;
- скоростью нарастания линейных ускорений;
- допускаемой нагрузкой.

Принятое деление центрифуг по максимальной величине линейного  
 ускорения показано в таблице 3 и по величине допускаемой нагрузки  
 в табл. 4.

Таблица 3

Категория центрифуги	I	II	III	IV
Максимальная величина линейного ускорения	25g	50g	100g	200g

Тип центрифуги	Допускаемая нагрузка, кг(к)	Категория центрифуги	Размеры рабочего стола, мм
I	10 (98)	I; II; III; IV	200 x 200 300 x 300 500 x 500
II	50 (490)	I; II; III	500 x 500 700 x 700
III	100 (98I)	I; II	700 x 700 1000 x 1000

С помощью специальных устройств в системе управления центрифуги (тормозное устройство, реостатное управление и др.) обеспечивается регулирование скорости рабочего стола (табл. 5).

Таблица 5

Тип центрифуги	Скорость разгона рабочего стола, м/сек
I	До 2,5; 15; 25; 50
II	До 0,5; 2 5; 15; 25
III	До 0,5; 5 15

Основные требования к центрифугам

1. Наличие токосъемного устройства, позволяющего соединять электрические цепи испытуемых приборов (изделий) с неподвижной частью электрической схемы.

2. Возможность подвода в случае необходимости к испытываемым изделиям пневмопитания или создания вакуума.

3. Возможность измерения величины развиваемых центробежных ускорений и скорости их нарастания с помощью специальных измерительных приборов.

4. Динамическая уравновешенность вращающихся элементов, обеспечиваемая наличием набора соответствующих балансов.

Зависимость величины амплитуды ускорения ( $J_g$ ), выраженной в единицах ускорения силы тяжести ( $g$ ), от интересующих нас факторов можно получить следующим образом.

Если учесть, что угловая скорость  $\omega = \frac{\pi n}{30}$ , а амплитуда ускорения  $J_g = \frac{R\omega^2}{g}$ , то

$$J_g = \frac{\pi^2 n^2 R}{900 \cdot g} \quad , \quad (II)$$

где  $n$  - число оборотов вращающегося стола об/мин;  
 $R$  - радиус вращения, где закрепляется испытываемое изделие.

Откуда

$$n = \frac{30}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{J_g}{R}}$$

Изменение амплитуды ускорения достигается двумя способами: изменением скорости вращения "П" несущей балки (стола) центрифуги и изменением радиуса вращения  $R$ , где закрепляется изделие.

Познакомимся с принципом работы и конструкцией центрифуг.

### Центрифуга ДПИ им. М.И.Калинина

#### Техническая характеристика

Диапазон создаваемых ускорений 3 - 50  $g$

Максимальный вес испытуемых приборов 30 кг.

Число оборотов рабочего стола (балки) с испытуемым прибором от 20 до 240 в мин.

Длина одного плеча 1,25 м.

Габариты центрифуги

диаметр 3,4 м.

высота 1,5 м.

Вес центрифуги около 750 кг.

Определение необходимой скорости вращения несущей балки центрифуги по заданной величине ускорения (в единицах  $g$ ) и известному радиусу вращения можно производить по номограммам или по справочной таблице, вычисленной для данной центрифуги по формуле (II).

Центрифуга (рис. 35) включает в себя электродвигатель (I), червячный редуктор (2), несущую балку (3), на которой укрепляются испытуемые изделия (6), коллектор (4) для передачи электрической энергии вращающимся изделиям, сварную раму (5), а также пульт управления центрифугой со щитом подключения испытуемых изделий.

Привод осуществляется от электродвигателя постоянного тока напряжением 27 в мощностью 6,6 квт с числом оборотов ротора 2200 в мин. Вращение от двигателя (I) сообщается через редуктор (2) балке (3), представляющей собой жесткую клепаную конструкцию. Балка закрепляется на валу редуктора гайкой, предохраненной от самоотвинчивания стопорным винтом. На этой гайке четырьмя болтами закрепляется вращающаяся часть коллектора (рис. 34).

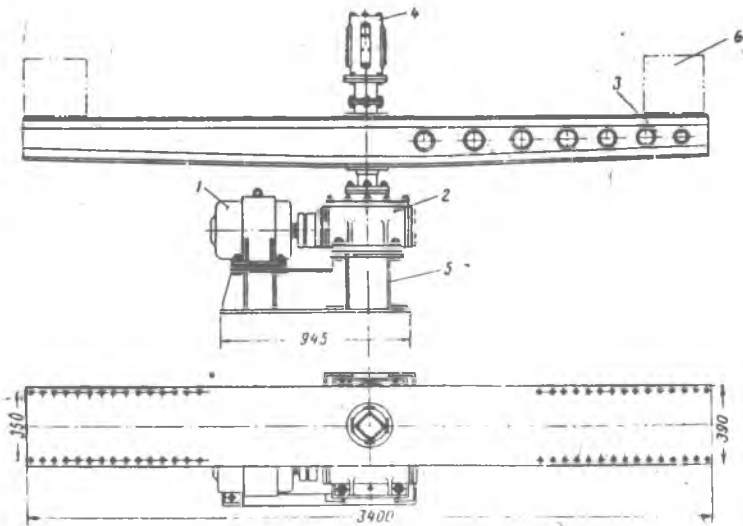


Рис. 33. Центрифуга ЛПИ

На концах верхней плоскости балки имеется 60 отверстий диаметром 10 мм, предназначенных для крепления на ней специальных кронштейнов с установленными на них испытываемыми изделиями.

По обе стороны верхней плоскости балки расположены щетельные колодки, гнезда которых соединены проводниками со щетками коллектора, что позволяет электрически соединить вращающиеся испытываемые изделия со щитом подключения.

Коллектор имеет 20 неподвижных контактных токосъемных колец (1), набранных на трубе (4) и надежно изолированных друг от друга. К токосъемным кольцам припаяны провода, которые отведены через полость неподвижной трубы. К корпусу (5) коллектора, вращающемуся вместе с балкой, прикреплен стакан (3), на котором укреплены колодки (2) со щетками, охватывающими токосъемные кольца. Щетки - латунные с серебряными контактами.

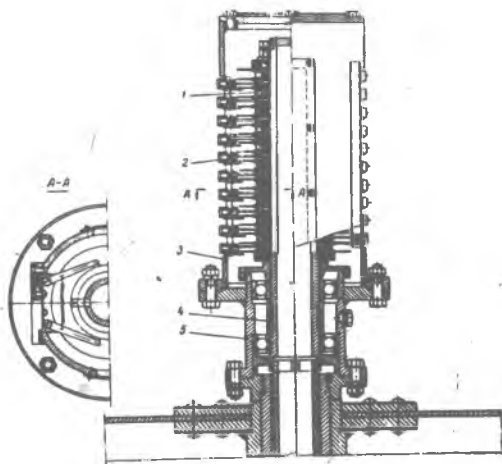


Рис. 34. Коллектор центрифуги ДПИ

Рекомендуемая очередность работ при испытаниях на центрифуге

1. Надежно закрепить агрегат - рулевую машинку и уравновесить его подбором противовесов (или макетным изделием).

2. Подключить электрические провода к испытываемому изделию.

3. Повернуть балку (стол) центрифуги на  $360^{\circ}$ , убедиться в наличии зазора между выступающими частями испытываемого изделия и кожухом центрифуги.

4. Пользуясь пультом управления, включить кнопки пуска возбуждения генератора и исполнительного двигателя с регулировкой его скорости до требуемой величины; продолжительность испытания при заданной величине ускорения устанавливается для каждого изделия техническими условиями.

Например, для испытания рулевой машинки принимаются следующие режимы:  $n$  об/мин = 300, радиус вращения  $R = 0,5$  м, время  $t = 5$  мин.

5. Снижая скорость вращения, остановить двигатель и отключить установку от сети.

После испытания рулевая машинка проверяется по параметрам работоспособности.

Центрифуга должна быть закрыта защитным ограждением из толстого (18-20 мм) железа. Высота ограждения не менее 1,5 м. Пульт управления располагается на расстоянии 3-4 м от центрифуги.

К числу специальных стендов, предназначенных для создания линейных ускорений величиной до 100  $g$ , изменяющихся по гармоническому закону, относится центрифуга сложного вращения, изображенная на рис. 35.

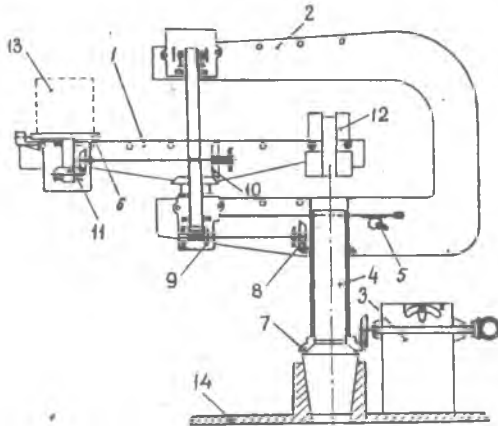


Рис. 35. Принципиальная схема центрифуги сложного вращения

жесткая рама, представляющая собой кривошип или хобот 2 и несущая на себе нижнюю и верхнюю опоры шатуна, вращается на неподвижной колонке 4, жестко связанной с основанием установки. По верхнему и нижнему поясам хобота расположены отверстия для крепления опор шатуна при различных амплитудах. На нижней опоре шатуна расположены открытая и закрытая зубчатые передачи.



Хобот (2) получает вращение от электродвигателя через редуктор (3) с помощью пары конических шестерен (7) и вращает вокруг своей оси шатун с расположенным на нем столом (6). Вращение шатуна (I) вокруг своей оси осуществляется через систему двух пар конических шестерен (8), (9). Вращение стола (6) вокруг своей оси производится также через две пары конической передачи (IO) и (II). Таким образом, испытуемое изделие (I3), расположенное на столе (6), получает сложное вращение.

#### Испытания рулевых машинок на воздействие окружающих климатических условий

##### Проверка работы в условиях различных температур и давлений

Проверка работы рулевых машинок при температуре  $+50^{\circ}\text{C}$  ( $323^{\circ}\text{K}$ ), а также сушка их после испытания при отрицательной температуре и повышенной относительной влажности может производиться в термостатах (сушильных шкафах). Предельная достижимая температура в термостате не превышает  $+80^{\circ}\text{C}$  ( $353^{\circ}\text{K}$ ). Нагревательными устройствами являются спирали из константановой проволоки.

Наибольшее же распространение для испытания рулевых машинок при различных температурах и давлениях получили термобарокамеры.

##### Термобарокамера МПС 1000У

Одной из современных установок для испытания рулевых машинок в условиях как низких, так и высоких температур с одновременным понижением давления в рабочем пространстве, является термобарокамера МПС 1000У.

Низкие температуры здесь достигаются при помощи многоступенчатого компрессорного холодильного агрегата, а высокие - с помощью электрически нагреваемых калориферов. Вакуумный агрегат, состоящий из двух вакуум-насосов, обеспечивает понижение давления в камере.

Принцип действия компрессорной холодильной установки виден на схеме (рис. 36). Понижение температуры достигается путем дрос-

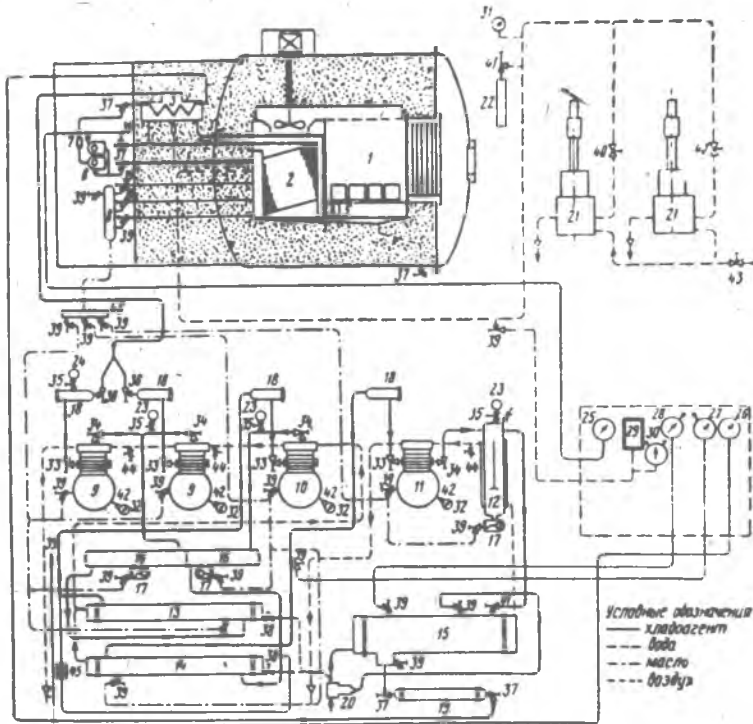


Рис. 36. Схема термобарокамеры

седирования хладагента (фреон 12 или 22), который находится в постоянной циркуляции. Так как обычный одноступенчатый холодильный агрегат не обеспечивает достаточного понижения температуры в камере, то в данной термобарокамере предусмотрен трехступенчатый агрегат, где в ступени низкого давления работают два компрессора, а в ступенях среднего и высокого давления — по одному.

Из конденсаторов (15) жидкий фреон через вентили (37), сушильные патроны (19) и жидкостный фильтр (7) попадает в автоматический впрыскивающий агрегат (4), состоящий из поплавкового вентиля высокого давления и впрыскивающих форсунок (6). На форсунках этого агрегата жидкий фреон разрезается до давления испарения, причем частично испаряется, а основное его количество охлаждается до температуры, соответствующей давлению в испарителе.

Охлажденный разреженный жидкий фреон поступает в каскадный испаритель (2), где испаряется, и компрессоры низкого давления отсасывают пары фреона через отделитель жидкости (3). Здесь захваченные частицы жидкого фреона улавливаются; в дальнейшем всасывающий фильтр (18) улавливает загрязнения.

Первое повышение давления паров осуществляется в ступени низкого давления. После выхода из компрессоров (9) пары попадают в переохладитель низкого давления (13) через маслоотделитель низкого давления (16). С помощью поплавкового масловозвратного вентиля (17) масло, собирающееся в маслоотделителе низкого давления, возвращается в картер компрессоров низкого давления, тогда как масло из переохладителя низкого давления возвращается через угловой запорный вентиль (39) в этот компрессор.

Для дальнейшего повышения давления пары фреона с помощью компрессора среднего давления (10) отсасываются через всасывающий фильтр (18). В ступени среднего давления повторяется тот же процесс, но теперь через маслоотделитель (16), переохладитель среднего давления (14) и всасывающий фильтр (18) пары отсасываются компрессором высокого давления (11) для последнего повышения давления. Затем пары фреона нагнетаются в маслоотделитель высокого давления (12). Выйдя из него пары фреона, находящиеся под высоким давлением, попадают в конденсатор, где охлаждаются с помощью охлаждающей воды.

Отсюда циркуляция хладагента начинается снова. Водорегулирующий вентиль регулятора (20), в зависимости от конечного давления сжатия, автоматически регулируют поступление охлаждающей воды к конденсатору и двум переохладителям.

Рабочая камера снабжена внутренним освещением и соединительными клеммами для 32 измерительных проводов. Электрокалориферы и два датчика температуры для самописца и контактного регулятора температуры расположены под полом рабочей камеры.

Циркуляция воздуха в камере обеспечивается вентилятором, что позволяет получить равномерное распределение температур. Загрузка камеры производится через застекленную дверь; находящийся между стеклами двери воздух высушивается силикагелем.

На задней стенке камеры установлен вспыскивающий агрегат, клеммные доски для измерительных проводов, проводов соединения калориферов и другое оборудование.

В случае необходимости понизить давление в камере, желаемый вакуум достигается вакуумной установкой, состоящей из двух насосов (2I). Рабочая камера установки сама по себе негерметична; для испытания изделий под вакуумом она должна быть переобразована в вакуум-котел. Для этого к лицевой стороне камеры подтягивается с помощью ходового механизма днище так, чтобы его выступ равномерно прилегал к резиновой прокладке, расположенной на торце корпуса камеры.

Все обслуживающие, записывающие и контрольные приборы размещены на передней панели электрораспределительного пульта (рис. 37), при помощи которого можно выполнять работы вручную или автоматически.

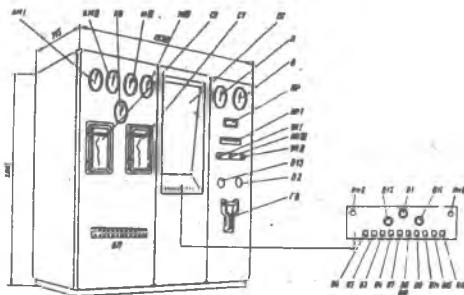


Рис. 37. Пульт управления термобарокамерой

Принцип автоматического поддержания режима работы термобарокамеры основан на воздействии контактных манометров, установленных на определенное давление, и контактных термометров, установленных на заданную температуру, с программными часами и исполнительным механизмом.

Заданный режим работы установки может выдерживаться также и с помощью ручного управления при отключенных программных часах.

Техническая характеристика термобарокамеры  
МПС 1000У

Диапазон температуры в камере от  $-70$  до  $100^{\circ}\text{C}$   
(от  $203$  до  $373^{\circ}\text{K}$ )

Максимальный вакуум  $3 - 5$  мм рт.ст.  
( $400-667$  н/м<sup>2</sup>)

Емкость рабочей камеры  $1000$  л ( $1$  м<sup>3</sup>)

Хладоагент Фреон 22, фреон (12)

Время, необходимое для получения максимального вакуума  $30$  мин.

Скорость изменения температуры:

при нагреве  $2^{\circ}$  мин

при охлаждении  $0,5^{\circ}$ /мин

Точность поддержания температуры в камере  $1,5 - 2^{\circ}$ .

Порядок испытания рулевых машинок при различных  
температурах и пониженном давлении

1. Испытание при повышенной температуре. Рулевая машинка выдерживается при температуре  $t = +50^{\circ}\text{C}$  в течение 4-х часов.

После чего производится проверка параметров работоспособности.

2. Испытание при пониженной температуре. Рулевая машинка выдерживается при температуре  $t = -50^{\circ}\text{C}$  в течение 4-х часов.

Затем  $30$  мин она работает на холостом ходу: производится ее самопрогрев. После этого производится проверка параметров работоспособности рулевой машинки при различных командных токах.

3. Испытание при пониженном давлении. Рулевая машинка выдерживается в вакууме  $p = 2$  мм рт.ст. в течение 1 часа. Затем производится осмотр на выявление негерметичности и проверка параметров.

### Испытание сыростойкости рулевых машинок

Эти испытания также входят в программу типовых испытаний. При испытаниях на сыростойкость обычно оперируют величиной относительной влажности ( $\tau_e$ ), т.е. отношением упругости ( $e$ ) водяного пара, находящегося во влажном воздухе при атмосферном давлении  $p$  и температуре  $t^{\circ}\text{C}$ , к упругости  $E$  насыщенного водяного пара при тех же значениях атмосферного давления и температуры

$$\tau_e = \frac{e}{E} \cdot 100 \% \quad (12)$$

Как известно, водяной пар, содержащийся в воздухе, можно считать насыщенным, если он находится в динамическом равновесии с плоской поверхностью чистой воды или льда, находящаяся при тех же температуре и давлении. О степени насыщения воздуха водяным паром можно судить по ТОЧКЕ РОСЫ, т.е. температуре, до которой необходимо охладить воздух, не меняя влагосодержания, чтобы он достиг состояния насыщения.

При оценке влагостойкости основной целью испытания является проверка степени влияния влажной среды, окружающей изделие, на величину электрического сопротивления изоляции и качество покрытий деталей. Для чего испытуемая рулевая машинка помещается в камеру с относительной влажностью до 95-100%, где выдерживается при заданной техническими условиями температуре определенное время (не менее 48 часов).

Затем, не позднее, чем через 3 мин после извлечения машинки из камеры, проверяется электросопротивление изоляции и внешний вид деталей, которые не должны иметь следов коррозии.

После проверки сыростойкости изделие должно быть просушено в термостате при температуре  $60-80^{\circ}\text{C}$  ( $333-353^{\circ}\text{K}$ ). Испытание сыростойкости изделий может производиться в сравнительно простых установках - камерах влажности.

Камера тепла и влаги ТВК-2

Техническая характеристика

Объем рабочей камеры 240 л (0,24 м<sup>3</sup>)

Пределы температуры от  $+20 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $293 \pm 5^{\circ}\text{K}$ ) до  $+100 \pm 2^{\circ}\text{C}$  ( $373 \pm 2^{\circ}\text{K}$ )

Пределы относительной влажности от 65% до 98% ( при  $t = +20^{\circ}\text{C} + +60^{\circ}\text{C}$ ).

Напряжение, подаваемое на испытываемые изделия

в режиме тепла до 1000 в

в режиме влажности до 600 в

Мощность, потребляемая установкой 4 квт.

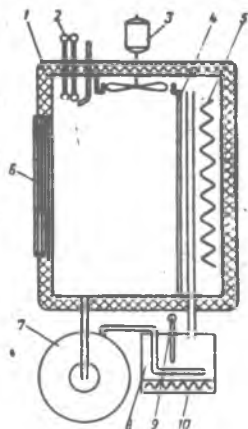


Рис. 38. Схема камеры тепла и влаги

Испытание на воздействие ускорений, возникающих при транспортировании

Для испытания рулевой машинки на воздействие ускорений, возникающих при транспортировке в кузовах грузовых автомашин, движущихся по грунтовым, булыжным или асфальтовым дорогам с различной скоростью, служат установки, имитирующие подобные ускорения.

Рабочему столу установки (рис. 39) с помощью кулачков сообщается периодическое скачкообразное движение. Грузоподъемность установки составляет не менее 100 кг. Размеры рабочего стола - 1500 x 1000 мм. Он получает вибрационные и ударные ускорения величиной до 50 g .

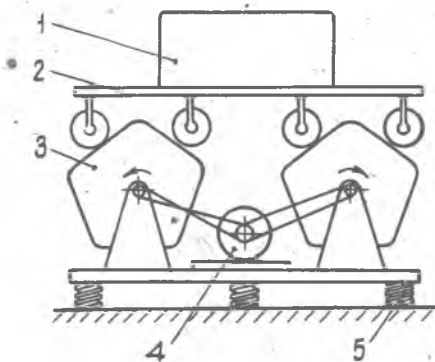


Рис. 39. Установка для испытания на транспортировку

Транспортные испытания определяются видом дороги и видом транспорта. Рулевая машинка не должна терять своей работоспособности при следующих условиях транспортировки: автомобильным транспортом по грунтовой дороге со скоростью 20 км/час на расстояние до 500 км; автомобильным транспортом по шоссе с дорожной скоростью 40 км/час - до 1000 км; железнодорожным транспортом со скоростью 60 км/час - до 10000 км; воздушным транспортом - неограниченно.

После проведения типовых и транспортных испытаний рулевая машинка разбирается. Все детали подвергаются тщательному осмотру с целью выявления возможных дефектов: трещин, износа, разрушения и т.п. Затем производится анализ причин выявленных дефектов, на основании чего даются рекомендации по усовершенствованию конструкции деталей и узлов рулевой машинки или изменению технологического процесса изготовления деталей и сборки.

#### Ресурсные испытания рулевых машинок

Этим испытаниям подвергаются только отдельные экземпляры рулевых машинок по назначению главного конструктора и заказчика. Ресурсные испытания заключаются в работе рулевой машинки по определенному циклу, число которых устанавливается в программе испытаний. Например, рулевая машинка работает 20 мин, причем 15 минут - на холостом ходу, а последние 5 минут - с подачей команд.



Через каждые 20 циклов производится проверка параметров работоспособности. Время испытания определяется заданным ресурсом. После проведения ресурсных испытаний рулевые машинки полностью разбираются и анализируются возможные изменения конструкции. По всем видам испытаний серийных рулевых машинок оформляются протоколы, которые заносятся в паспорт.

После проведения испытаний годные рулевые машинки красятся, упаковываются и подаются на склад готовых изделий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. П. И. Буловский, Э. М. Идельсон. Испытания авиационных приборов. Машиностроение, Москва, 1966 г.

2. В. И. Феодосьев, Г. Б. Синярев. Введение в ракетную технику. ГНТИ, Оборонгиз, Москва, 1960 г.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Л е к ц и я № 1. Процессы сборки рулевых агре- гатов.....	3
§ 1. Назначение рулевых машинок. Принцип ра- боты .....	3
§ 2. Принцип работы и конструкция электрогид- равлической рулевой машинки.....	5
§ 3. Схема сборки и испытания.....	7
§ 4. Сборка и испытания корпуса.....	8
§ 5. Сборка силового механизма.....	14
§ 6. Сборка и испытания шестеренчатого насоса.	18
§ 7. Сборка и регулировка узла управления.....	27
§ 8. Общая сборка и регулировка рулевой машин- ки.....	31
Л е к ц и я № 2. Испытания рулевых машинок.....	44
§ 1. Приработочные испытания.....	44
§ 2. Контрольные испытания.....	45
§ 3. Типовые испытания.....	55

АЛЕКСЕЙ СТЕПАНОВИЧ ГОРЯЧЕВ

...ИТАЖНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ  
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Конспект лекций

Редактор Н.А.Сидоренко  
Тех.редактор Н.М.Каленик  
Корректор Л.В.Сидорова

Подписано в печать 23/IV-1971 г. ЕО 00196. Формат 60x84<sup>I</sup>/16.  
Объем 4,75 печ.л. Цена 25 коп. Тираж 500 экз.

Куйбышевский авиационный институт им. С.П.Королева, г.Куйбышев,  
Молодогвардейская, 151.

Ротапринтный цех типографии им. Мяги, г. Куйбышев, ул.Венцека,  
60. Заказ № 4158