

Министерство науки, высшего образования  
и технической политики РСФСР

Самарский ордена Трудового Красного Знамени  
авиационный институт имени академика С.П.Королева

ИЗМЕРЕНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
АВТОМАТА РАЗГРУЗКИ НАСОСА

Методические указания  
к лабораторной работе

Самара 1992

Составители: К.А.Напядов, Н.П.Новиков,  
В.А.Постников, М.П.Еляхов

УДК 629.7.064.3

Измерение рабочих характеристик автомата разгрузки насоса: Метод. указания к лаборатор. работе /Самар. авиац. ин-т; Сост. К.А.Напядов, Н.П.Новиков, В.А.Постников, М.П.Еляхов. Самара, 1992. 20 с.

Приведены основы теории расчета АРН. На примере АРН ГА-77В, устанавливаемого в гидросистеме вертолета Ми-8, показан принцип действия АРН в различных режимах работы насоса. Даны описание гидравлического стенда, на котором проводятся измерения характеристик АРН, и порядок проведения лабораторной работы, являющейся составной частью курса "Системы оборудования самолетов".

Предназначены для студентов дневного и вечернего отделений. Составлены на кафедре КИПА.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского ордена Трудового Красного Знамени авиационного института имени академика С.П.Королева

Рецензент канд. техн. наук А.Г.П. р о с о р с в

**Ц е л ь р а б о т ы :** изучение конструкции автомата разгрузки насоса (АРН) и измерение его рабочих характеристик. В процессе выполнения работы ставятся задачи получения студентами практических навыков работы с гидравлическим оборудованием самолета, ознакомления с принципами использования гидравлических стенов, снятия показаний приборов и применения получаемых результатов на практике.

#### ТИПОВАЯ КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА АРН, ПРИНЦИП ЕГО ДЕЙСТВИЯ

АРН предназначен для автоматической разгрузки насоса, перевода его на холостой ход при достижении в гидроаккумуляторе заданного давления и для переключения насоса на работу в гидросистему при падении давления в системе ниже заданного.

Типовая конструктивная схема АРН и способ его включения в гидросистему показаны на рис. 1, 2.

При работающем потребителе запорный клапан 2 (рис. 1) закрыт и жидкость направляется через обратный клапан (ОК) 1 к потребителю. При неработающем потребителе давление жидкости в системе и в гидроаккумуляторе (ГА) 5 повышается, поршень 4 начинает двигаться влево, сжимая пружину 3. В конце хода открывается запорный клапан, направляя жидкость в бак (рис. 2). При этом поток жидкости, подаваемый насосом, преодолевает только гидравлическое сопротивление открытого запорного клапана, обуславливая режим низкого давления за насосом (холостого хода). При уменьшении давления в гидросистеме поршень сдвинется вправо, запорный клапан закроется и жидкость будет вновь направлена к потребителю. При неработающих потребителях насос в режиме холостого хода потребляет малую мощность, нагрузки на его элементы минимальные, и таким образом экономится ресурс насоса и энергия привода.

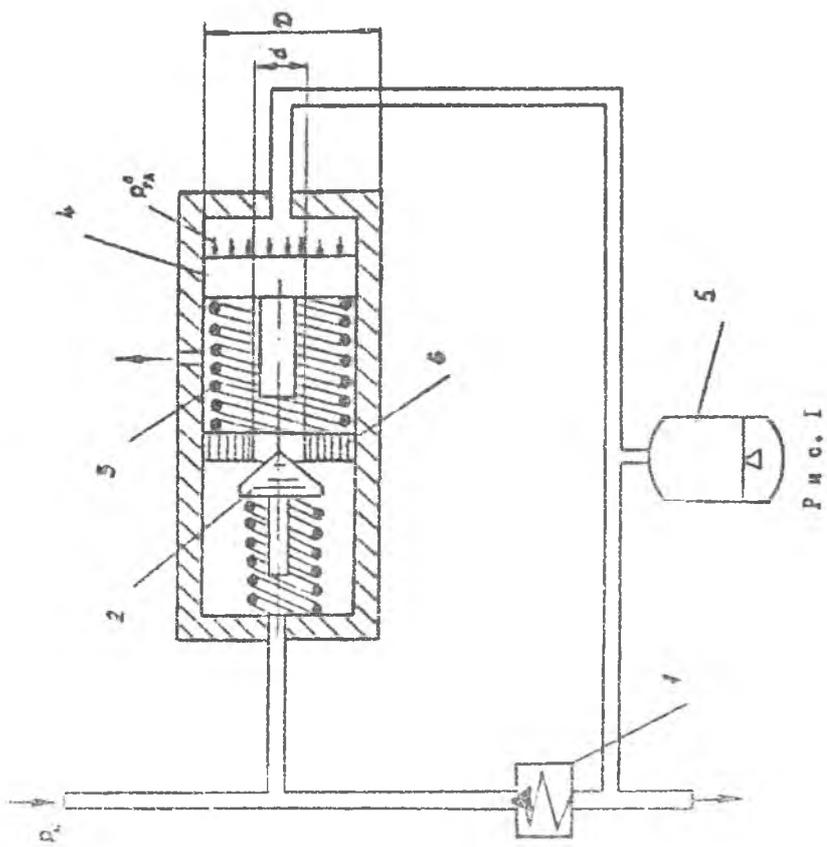
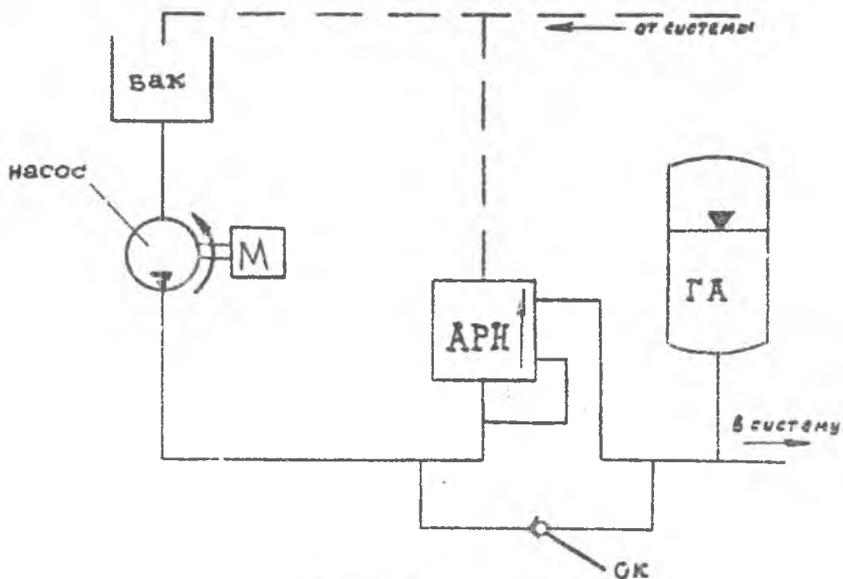


Рис. 1



Р и с . 2

### РАСЧЕТ АРН

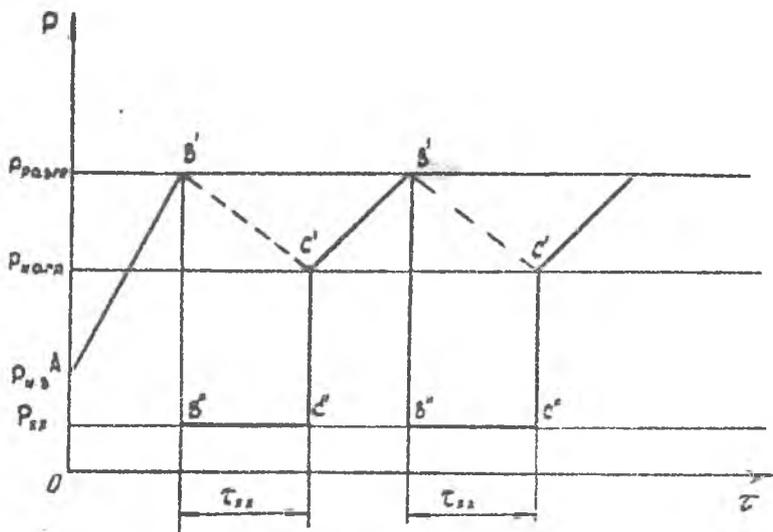
Для АРН характерны два уровня управляющего давления: давление разгрузки  $P_{разг}$ , при котором происходит перевод потока жидкости в бак, и давление нагрузки  $P_{нагр}$  при направлении жидкости к потребителю. Разница между  $P_{разг}$  и  $P_{нагр}$  на практике составляет 15 - 20% и определяется характеристикой пружины АРН.

График изменения давления на выходе из насоса при работе АРН показан на рис. 3.

Состояние гидросистемы (рис.2) может быть описано следующими неравенствами, соответствующими трем характерным участкам графика (см.рис.3):

А. Запорный клапан закрыт (участок А-В'):

$$P_H \frac{\pi d^2}{4} + P_{np} \geq P_{ГД} \frac{\pi D^2}{4}, \quad (1)$$



Р и с. 3

где  $P_H$  - давление на выходе из насоса;

$P_{np}$  - суммарное усилие пружин АРН;

$P_{гк}$  - давление на выходе из ГА;

$D, d$  - геометрические характеристики АРН (см. рис.1).

Неравенство (1) характеризует такое состояние гидросистемы, когда давления на выходе из ГА ( $P_{гк}$ ) не хватает, чтобы преодолеть усилия, препятствующие открытию запорного клапана - усилия пружин АРН ( $P_{np}$ ) и составляющей давления  $P_H$ , прижимающего запорный клапан к седлу б (рис.1).

Б. Открытие запорного клапана (участок  $B'-C'$ ):

$$P_{гк} = P_{разр} = P_H = \frac{4 P_{np}}{\pi(D^2 - d^2)}; \quad (2)$$

$$P_{гк} \frac{\pi D^2}{4} \gg P_{np}. \quad (3)$$

При неработающих потребителях происходит повышение давления в системе ( $P_H$ ) и в ГА ( $P_{ГА}$ ). При достижении давления величины  $P_{разгр}$  (формула (2)) запорный клапан открывается и АРН переключает поток жидкости в сливную магистраль, гидравлическое сопротивление которой определяет режим холостого хода насоса ( $P_H = P_{ХХ}$  - участок В" - С"). Давление в ГА преодолевает усилие пружин АРН (участок В' - С) в соответствии с неравенством (3) обеспечивает открытое состояние запорного клапана.

### В. Закрытие запорного клапана (участок В" - С"):

Закрытие запорного клапана происходит при падении давления в ГА до величины

$$P_{ГА} = P_{нагр} = \frac{4 P_{пр}}{\pi D^2} \quad (4)$$

В этом случае рабочая жидкость в гидросистеме вновь переключается на питание потребителей и зарядку ГА.

Расчет АРН сводится к определению времени холостого хода насоса, рассчитываемого по формуле (3):

$$\tau_{ХХ} = \frac{P_{НЗ} W_{СК}^{г^3} (P_{разгр}^2 - P_{нагр}^2)}{2 \varphi P_{разгр}^2 P_{нагр}^2}, \quad (5)$$

где  $P_{НЗ}$  - давление начальной зарядки ГА;  $W_{СК}^{г^3}$  - объем газовой камеры ГА;  $\varphi$  - величина, характеризующая утечки;

$$\varphi = \frac{Q_{ут}}{\Delta P} \quad (6)$$

Здесь  $Q_{ут}$  - утечки в агрегате,  $\Delta P$  - перепад давления, при котором происходят утечки.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, КОНСТРУКЦИЯ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АРН ГА-77В

В качестве исследуемого в настоящей работе АРН взят АРН ГА-77В, устанавливаемый в гидросистеме вертолета Ми-8 [5] и самолета ИЛ-14.

### Технические данные:

Давление в системе (МПа), при котором происходит следующее:

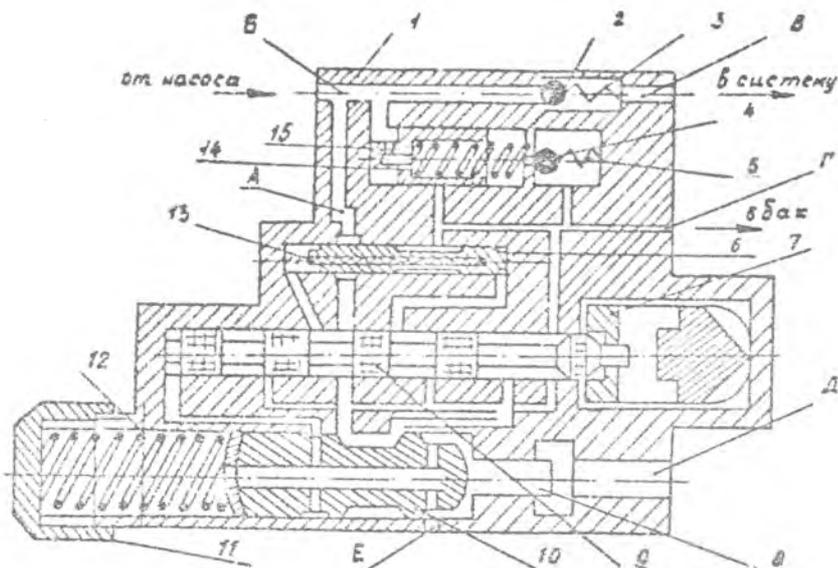
автомат включает насос на рабочий режим  $P_{\text{ногр}} = 4,5 \pm 3$

автомат переключает насос на режим холостого хода  $P_{\text{холост}} = 6,5 \pm 2$

срабатывает предохранительный клапан, и жидкость перепускается на слив в бак  $P_{\text{ПК}} = 7,8 \pm 10$

### Конструкция АРН ГА-77В

В расточки корпуса 1 (рис.4), отлитого из алюминиевого сплава,



Р и с . 4

запрессовано пять стальных гильз с отверстиями для перепуска жидкости. В гильзах размещены обратный клапан (ОК) 2 с пружиной 3, поршень 6 с пружиной 12, промежуточный золотник (ПЗ) 9, командный золотник (КЗ) 10 с плунжером 8 и предохранительный клапан (ПК), состоящий из плунжера 15, клапана 4 и пружин 14 и 5.

Поддержание рабочего диапазона давления жидкости в системе обеспечивается регулировкой пружины 6 при помощи винтовой крышки 11. Для устранения влияния пульсаций давления жидкости на работу АРН к плунжеру 8 жидкость подводится непосредственно от гидроаккумулятора (ГА) через дроссель в подводящем штуцере.

Внутри поршня 6 имеется пружина 13, которая при малом давлении жидкости смещает поршень в крайнее правое положение. Для предохранения ПЗ 9 от самопроизвольного перемещения в случае вибрации и толчков предусмотрен замок, состоящий из двух полуколец 7 и пластинчатой пружины. Перемещаясь вправо, золотник нажимает на полукольца и раздвигает их. Полукольца при этом разжимают концы пластинчатой пружины и захватывают плотно буртик золотника.

В плунжере 15 ПК имеется радиальное отверстие  $\varnothing 0,8$  мм, через которое подводится жидкость под плунжер к шариковому клапану 4. Пружина 5 оттарирована на открытие ПК при повышении давления жидкости под плунжером до предельно допустимого.

ОК 2 шарикового типа предотвращает перетекание жидкости из системы при переключении насоса на режим холостого хода. Для присоединения АРН к магистралям гидросистемы в корпусе 1 установлено пять штуцеров, имеющих маркировку в соответствии с их назначением.

### Принцип действия АРН ГА-77В

При создании насосом рабочего давления жидкость через штуцер входа, канал Б, ОК 2 и канал В поступает в систему. Одновременно по каналу А в корпусе АРН, кольцевой проточке в гильзе поршня 6 и средней кольцевой расточке ПЗ 9 жидкость поступает к центральной проточке КЗ 10. Положение КЗ зависит, с одной стороны, от усилий редуцированной пружины 12, с другой - от усилий на золотник со стороны давления жидкости в системе, подводимой к плунжеру 10 КЗ через канал Д. Поскольку в начале работы давление жидкости ниже *Рраб*, пружина 12 удерживает КЗ в крайнем правом положении. В этом случае центральная проточка КЗ соединяет канал А с правой рабочей полостью ПЗ 9. Последний через свою среднюю расточку обеспечивает подвод жидкости

из канала А в левую полость поршня 6. Соответственно противоположные полости ПЗ 9 и поршня 6 сообщаются со сливной магистралью через каналы Е и Г. Поршень 6, установленный в крайнем правом положении, предотвращает перепуск жидкости из канала А в канал Г на слив и обеспечивает рабочий диапазон давления в системе.

При достижении давления в системе величины  $P_{разр}$  плунжер 8, преодолевая усилие пружины 12, перемещает КЗ 10 влево. Тогда жидкость через центральную кольцевую канавку КЗ 10 поступает под левый торец ПЗ 9 и перемещает его вправо. Болотник 9 своей средней кольцевой расточкой сообщает канал А с правой частью поршня 6, который, перемещаясь влево, соединяет своей кольцевой протечкой подводящий канал А с каналом Г слива жидкости в бак. Насос переключается в режим холостого хода. Вследствие образовавшейся разности давления в подводящем (А) и отводящем (Г) каналах СК 2 перекрывает перепуск жидкости из системы.

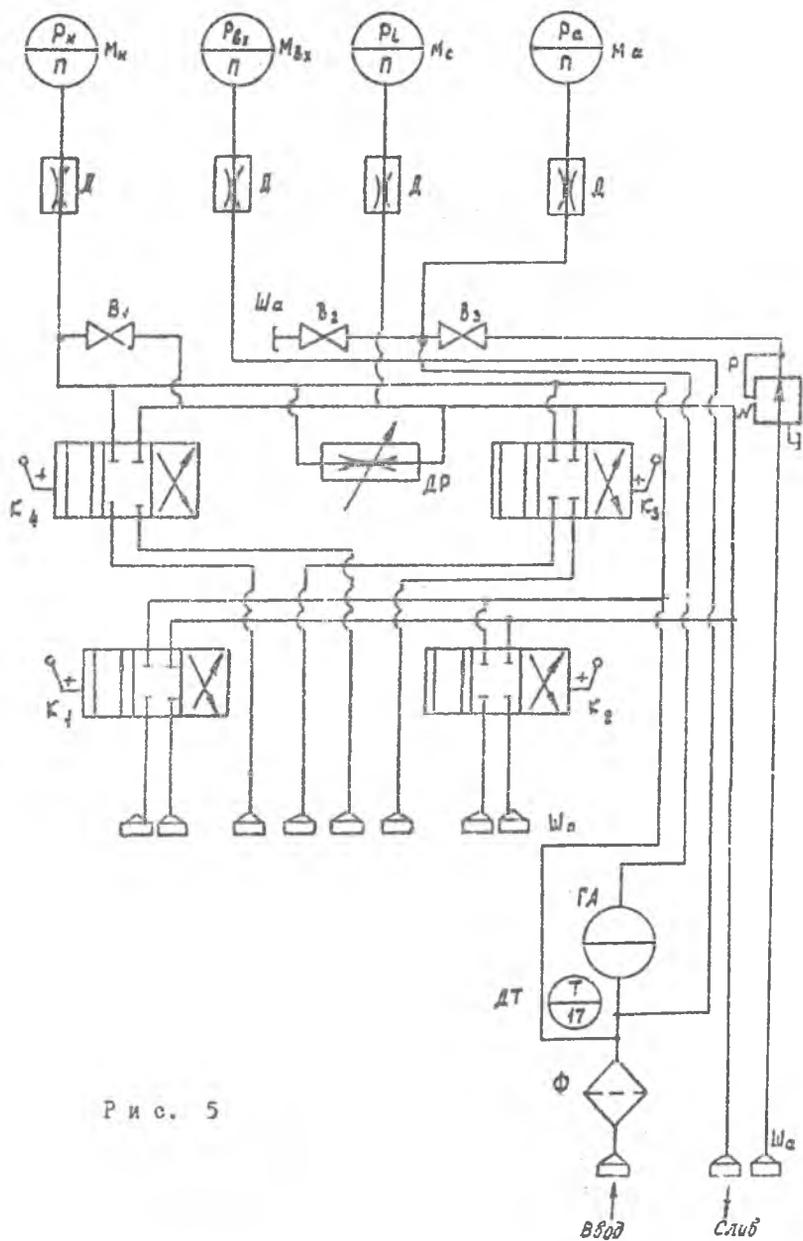
По мере понижения давления жидкости в системе пружина 12 начинает перемещать КЗ 10 вправо. Когда давление достигает величины  $P_{нагр}$ , КЗ 10 занимает правое крайнее положение и подает жидкость под правый торец ПЗ 9, который, перемещаясь влево до упора, через свою среднюю кольцевую расточку подает жидкость под левый торец поршня 6. Поршень под действием жидкости и действия пружины 13, перемещается в противоположное положение и разобщает подводящий канал А от сливного канала Г. Насос начинает подавать жидкость в систему.

В случае отказа подвижных элементов АРВ давление в системе повышается до  $P_{ок}$ , после чего срабатывает шариковый клапан 4 и жидкость из правой полости плунжера 15 сливается в бак. Вследствие возникновения перепада давления, действующего на плунжер 15, он перемещается в сторону пружины, преодолевая ее усилия, и открывает канал Г для слива жидкости в бак. При падении давления в системе и закрытии шарикового клапана 4 давление жидкости в обеих полостях плунжера выравнивается и под действием пружины клапан перекрывает канал Г. Перепуск жидкости на слив в бак прекращается.

#### ОПИСАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СТЕНДА И СХЕМА ВКЛЮЧЕНИЯ АРВ

Предлагаемая лабораторная работа выполняется на гидравлическом стенде, принципиальная схема которого представлена на рис. 5.

Источником давления для гидростенда является насос НП-26 производительностью  $Q = 20$  л/мин и максимальным давлением  $P = 21,0$  МПа.



Р и с. 5

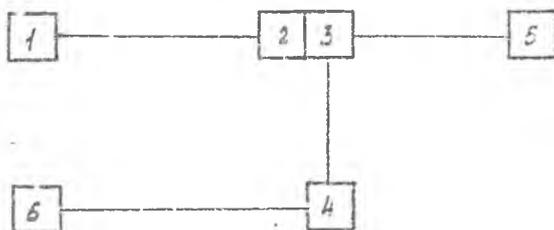
Рабочая жидкость АМГ-10 заряжает гидроаккумулятор (ГА) и поступает к регулируемому дросселю (ДР), с помощью которого в гидросистеме устанавливается необходимое для работы давление. Давление контролируется по манометру  $M_{ВХ}$  на входе,  $M_{Н}$  - за ДР и  $M_{С}$  - на сливе.

Установленные на входе в каждый манометр дроссели Д (рис.5) играют роль демфирующих устройств, предохраняющих конструкцию манометров от пульсации давления в гидросистеме стенда.

Для очистки рабочей жидкости в гидросистеме установлен фильтр Ф-2, в металлическом стакане которого находится фильтрующий элемент. Посторонние частицы задерживаются в фильтре на поверхности металлической сетки. Датчик температуры ДТ жидкости работает в диапазоне  $-50 \pm +150^{\circ}\text{C}$ . После ДР давление подводится к четырем четырехходовым трехпозиционным кранам ( $K_1, K_2, K_3, K_4$ ). При отсутствии расхода жидкости через эти краны показания манометров  $M_{ВХ}$  и  $M_{Н}$  одинаковы. Испытуемые агрегаты подключаются к штуцерам потребления ШП.

Зарядка гидроаккумулятора азотом осуществляется по отдельной линии через штуцер азотный и редуктор Р. Давление зарядки контролируется по манометру  $M_{А}$ . Вентили  $V_1, V_2, V_3$  (см.рис.5) предназначены для стравливания давления из гидросистемы ( $V_1$ ), зарядки и разрядки азотной магистрали гидроаккумулятора ( $V_2$  и  $V_3$ ). Для полной разрядки ГА необходимо при закрытом вентиле  $V_3$  открыть вентиль  $V_2$ . При этом давление в гидросистеме должно быть стравлено открытием вентиля  $V_1$ .

Электрическая схема гидростенда представлена на рис. 6. Она со-



Р и с. 6

стоит из двух линий: силовой (380В) и управляющей (30В).

Силовая линия включает в себя:

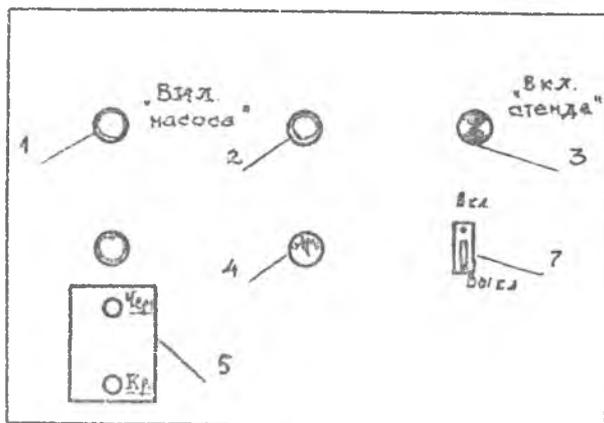
электропит СПУ-62 (1),

автомат защиты сети АЗС А31201 4 (2),

интеректор ТИС 103 Д0ДБ (3),

электродвигатель асинхронный (5).

Управляющая линия включает в себя:  
 выпрямитель КО 1С51 (6),  
 пульт управления (4),  
 катушку электромагнита включения контактора ТКС 103 ДОДБ.  
 Управление электродвигателем осуществляется следующим образом:  
 Включить:  
 электродит СПУ-62 (1),  
 выпрямитель КО 1С51 (6),  
 АЭС А 3120 (2).



Р и с. 7

На пульте управления, общий вид которого представлен на рис. 7, включить:

переключатель 7 (загорится фиолетовая лампочка 3),  
 черную кнопку пакетного контактора ПКЕ-112 (5).

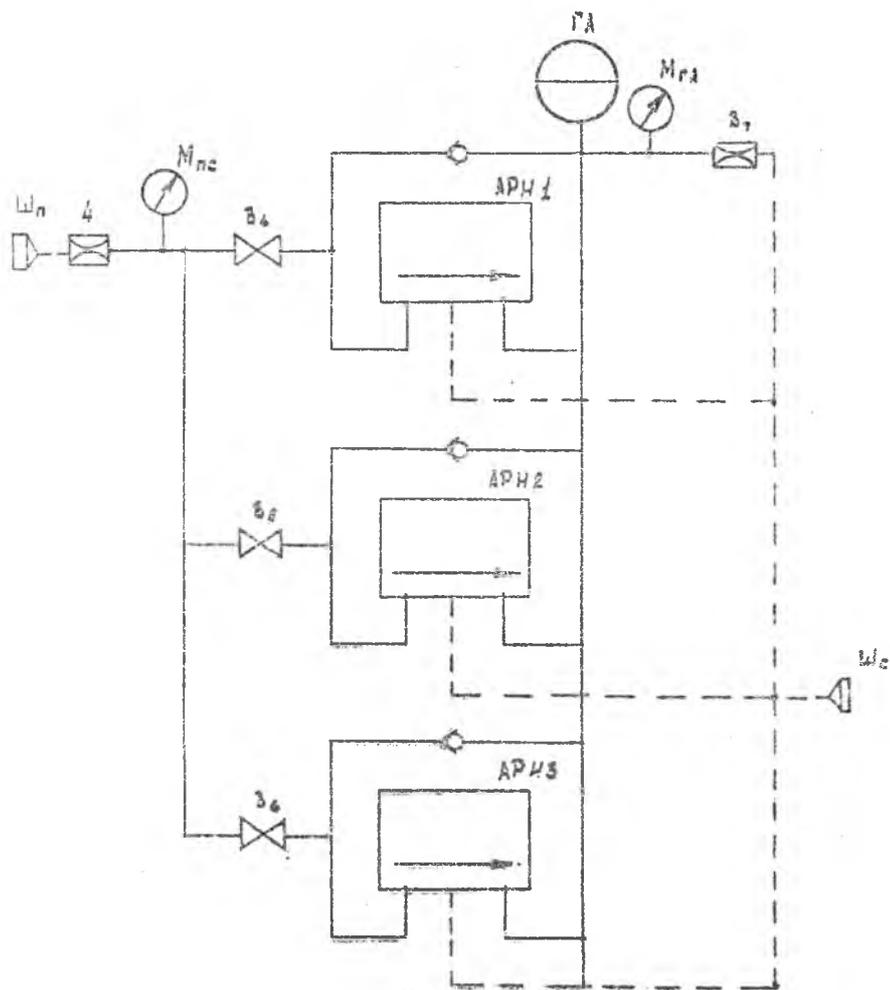
Загорятся зеленая лампочка 1 на пульте управления и красная лампочка на корпусе АЭС-ТКС. Система нагнетания давления вступит в работу.

Температура рабочей жидкости контролируется по термометру 4.

При температуре более  $+100^{\circ}\text{C}$  загорится красная лампочка 2 на пульте управления.

Выключение системы нагнетания осуществляется красной кнопкой ПКЕ-112 (5) по окончании работы и при загорании лампы 2 (при температуре АМГ-10 более  $+100^{\circ}\text{C}$ ).

Для проведения данной работы смонтирована панель гидраагрегатов, гидравлическая схема которой представлена на рис. 8. На пане-



Р и с. 8

ли установлены три автомата разгрузки насоса ГА-77: АРН<sub>1</sub>, АРН<sub>2</sub>, АРН<sub>3</sub>, настроенных на определенное давление срабатывания. Напорная и сливная линии панели АРН подключены к соответствующим штуцерам Ш<sub>п</sub> крана К<sub>2</sub> (см. рис. 5). Включение в работу панели АРН осуществляется поворотом ручки крана К<sub>2</sub>. При этом вентиль дросселя ДР должен быть полностью открыт. В дальнейшем при плавном закрытии дросселя ДР производится включение в работу одного из АРН, вентиль перед входом в который находится в открытом положении. При этом остальные вентили (см. рис. 8) должны быть закрыты. Срабатывание АРН фиксируется в момент падения давления за дросселем Д по показанию манометра *М<sub>па</sub>*. Насос разгружен. Гидравлическая энергия, накопленная в гидроаккумуляторе (ГА), будет расходоваться вследствие негерметичности самого АРН и через вентиль В<sub>7</sub>, имитирующий утечки в исполнительных гидроагрегатах. Падение давления контролируется по манометру (*М<sub>га</sub>*). При достижении определенного для каждого АРН давления автомат снова подключит насос в работу. Включение насоса контролируется по повышению давления по манометру (*М<sub>на</sub>*).

#### ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Учебная группа разбивается на три подгруппы, каждая из которых работает с индивидуальным АРН, настроенным на определенное давление разгрузки насоса.

В ходе работы каждая подгруппа должна получить зависимость  $P=f(t)$ , аналогичную приведенной на рис. 3, и сравнить экспериментально полученные данные с расчетными, определенными по формулам (2), (4) и (5).

Для расчета  $P_{нагр}$ ,  $P_{разгр}$ ,  $\sigma_{xx}$  необходимо принять следующие исходные данные, задаваемые преподавателем:  $P_{из}$  (*МПа*),  $W_{гк}^{гк}$  (*м<sup>2</sup>*),  $\varphi$ ,  $d$  (*м*),  $D$  (*м*).

Работа проводится в следующем порядке:

одна половина подгруппы следит за показаниями манометров *М<sub>па</sub>* и *М<sub>га</sub>*, производит отсчет времени и заносит их в таблицу;

вторая - за показаниями манометра *М<sub>н</sub>* и датчика температуры ДТ. По окончании работы студенты обмениваются полученными результатами замеров.

Работа рассчитана на 2 часа. Первый аудиторный час отводится на изучение методики проведения работы, второй час - на оформление отчета, подготовку ответов на контрольные вопросы и сдачу отчета по лабораторной работе преподавателю.

Испытание проводится в следующем порядке:

1. Открыть полностью вентиль ГА-198. Зафиксировать показания манометров  $M_H$ ,  $M_{82}$ . Вентиль  $V_I$  должен быть закрыт.
2. Включить электропитание стенда (выключатель I) и насос (выключатель АЗС). При этом на электропитке загорится зеленая лампочка "Вкл. стенда".
3. Подключить панель АРН, повернув ручку крана  $K_2$  вправо.
4. Включить насос, нажав черную кнопку "Вкл. насоса". При этом на пульте управления загорится зеленая лампочка и на корпусе АЗС-ТКЕ - красная лампочка. О начале работы насоса свидетельствует появление характерного шума. Давление контролируется по показаниям манометра.
5. Закрыть вентили  $V_5, V_6$ , открыть вентиль  $V_I$  (для работы с АРН-I). Для работы с другими АРН произвести открытие и закрытие соответствующих вентилей (см. рис. 8), обеспечивая подачу давлений рабочей жидкости только к этому АРН.
6. Плавно закрывая вентиль регулируемого дросселя ДР, проследить за показаниями манометров  $M_{пс}$  и  $M_{гя}$ . Давление в подсистеме АРН-I растет, идет зарядка гидроаккумулятора. Показания манометров  $M_{пс}$  и  $M_{гя}$  примерно одинаковы. При определенном для каждого АРН давлении произойдет включение его в работу. Этот момент соответствует резкому падению давления по манометру  $M_{пс}$ . Фиксируем показания манометров  $M_{пс}$  и  $M_{гя}$ . В момент стабилизации минимального давления  $P_{разгр}$  по манометру  $M_{пс}$  ( $P_{xx}$ ) включаем секундомер и следим за показанием манометра  $M_{гя}$ . При наличии утечек в гидроагрегатах вследствие их негерметичности (в нашем случае вентиль  $V_7$ , положение которого определено практически) происходит плавное уменьшение давления в гидроаккумуляторе. И при определенном для каждого АРН давлении произойдет включение насоса в работу, момент которого определяется по резкому увеличению давления за насосом ( $P_{нагр}$ ). В этот момент необходимо выключить секундомер и зафиксировать показания манометров  $M_{пс}$  и  $M_{гя}$ , которые должны быть примерно одинаковы и показывать давления на входе насоса.
7. Вентиль ДР находится в положении, в котором он был в момент включения АРН в работу. Продолжаем следить за показаниями манометров  $M_{пс}$  и  $M_{гя}$  (см. рис. 8). Цикл "разгрузка-нагрузка" автоматически повторяется.
8. Фиксируем показания манометров и производим отсчет времени в процессе 1-го цикла.

9. Повторить операции пп.5-8 для остальных АРН (работают последовательно 2 и 3 подгруппы).

10. Вентилем  $V_1$  снизить давление в гидросистеме до нуля.

11. Выключить стенд.

12. Результаты измерений занести в таблицу.

Параметры	Ц и к л		
	1	2	3
$P_{нагр}, МПа$			
$P_{разгр}, МПа$			
$t, с$			

#### Ф о р м л е н и е о т ч е т а

Отчет по лабораторной работе составляется каждым студентом индивидуально и должен содержать:

1. Название лабораторной работы.
2. Ф.И.О., номер группы студента.
3. Краткое описание цели и порядка выполнения лабораторной работы.
4. Результаты измерений.
5. Расчетные данные, график.
6. Выводы.

#### К о н т р о л ь н ы е в о п р о с ы

1. Назначение АРН.
2. Принцип действия АРН.
3. Работа АРН ГА-77Б в рабочем режиме насоса.
4. Работа АРН ГА-77Б в режиме холостого хода насоса.
5. Работа АРН ГА-77Б при срабатывании ПК.
6. Работа гидравлического стенда.
7. Порядок расчета рабочих характеристик АРН.

## Библиографический список

1. Системы оборудования летательных аппаратов /Под ред. А.М.Матвеевко, В.Н.Бекасова. М.:Машиностроение, 1986.
2. Матвеевко А.М., Зверев И.И. Проектирование гидравлических систем летательных аппаратов. М.:Машиностроение, 1982.
3. Агрегаты гидравлических систем ЛА: Учебное пособие /Под ред. И.И.Зверева; Моск.авиацион-т. М., 1978.
4. Бацта Т.М. Гидропривод и гидроавтоматика. М.:Машиностроение, 1972.
5. Данилов В.А. Вертолет МИ-8: Устройство и техническое обслуживание. М.: Транспорт, 1968.

## СОДЕРЖАНИЕ

Типовая конструктивная схема АРН, принцип его действия.....	3
Расчет АРН.....	5
Технические характеристики, конструкция, принцип действия АРН ГА-77В.....	8
Описание гидравлического стенда и схема включения АРН .....	10
Порядок проведения работы.....	15
Контрольные вопросы.....	17
Библиографический список .....	18

ИЗМЕРЕНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
АВТОМАТА РАЗГРУЗКИ НАСОСА

Составители: Н а п а д о в Константин Александрович  
Н о в и к о в Николай Петрович  
П о с т н и к о в Владимир Алексеевич  
Б л я х о в Михаил Леонидович

Редактор Н.Д.Ч а й н и к о в а  
Техн. редактор Г.А.У с а ч е в а  
Корректор Н.С.К у п р и я н о в а

Подписано в печать 17.02.92. Формат 60x84<sup>1</sup>/16.  
Бумага оберточная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,2.  
Усл. кр.-отт. 1,3. Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 экз.  
Заказ № 81. Бесплатно.

Самарский ордена Трудового Красного Знамени  
академический институт имени академика С.П.Королева.  
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Участок оперативной полиграфии Самарского  
академического института. 443001 Самара,  
ул. Ульяновская, 18.