

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

---

Кафедра АТО и ремонта ЛА  
А.Н.Ерошкин.

СБОРКА И ИСПЫТАНИЕ ФОРСУНОК

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к выполнению лабораторной работе по дисциплине  
"Основы производства ЛА и АД"  
для студентов специальности 160901

Москва - 2009

## СБОРКА И ИСПЫТАНИЕ ФОРСУНОК

1. Цель работы.

Работа проводится с целью закрепления теоретического материала по изготовлению форсунок и ознакомления с типовым оборудованием, предназначенного для испытания форсунок.

2. Протокол выполнения.

2.1. Разработать схему сборки форсунки.

2.2. Произвести испытание форсунки и заполнить протокол испытания.

Таблица 9

Протокол испытаний форсунки

Параметры испытания	Регистрируемые Параметры			Расчетные параметры			Параметры по ТУ	
							I конт	I+II конт
Пропускная способность	V, мм			G, л/мин			0,347...	6,02...
	t, с				0,373 л/мин	6,09 л/мин		
Неравномерность распыла	$g_{max}, \text{см}^3$			S, %			не более 23%	не более 17%
	$g_{min}, \text{см}^3$							
Угол распыла, °	I пол	$\alpha_{лев}$		$\alpha_i^0$				
		$\alpha_{прав}$						
	II пол	$\alpha_{лев}$		$\alpha_{II}^0$				
		$\alpha_{прав}$						
$\alpha$			$\alpha_{ср}$			$84^0 \pm 4^0$	$87^0 \pm 4^0$	
Герметичность	Герметичность						Негерметичность не допускается	

2.3. Проанализировать результаты испытания, сделать выводы и дать рекомендации по исправлению выявленных недостатков.

3. Краткие сведения (12).

Топливная форсунка ФР – 30ДС

Топливная форсунка (рис.2) – центробежная, двухконтурная, двухсопловая состоит из следующих основных узлов и деталей: корпуса-8, двух штуцеров-13 с фильтрами-14, переходника-4, распылителя-5,6 первого и второго контуров, стакана-3 с приваренным к нему кожухом-15, деталей крепления и уплотнения.

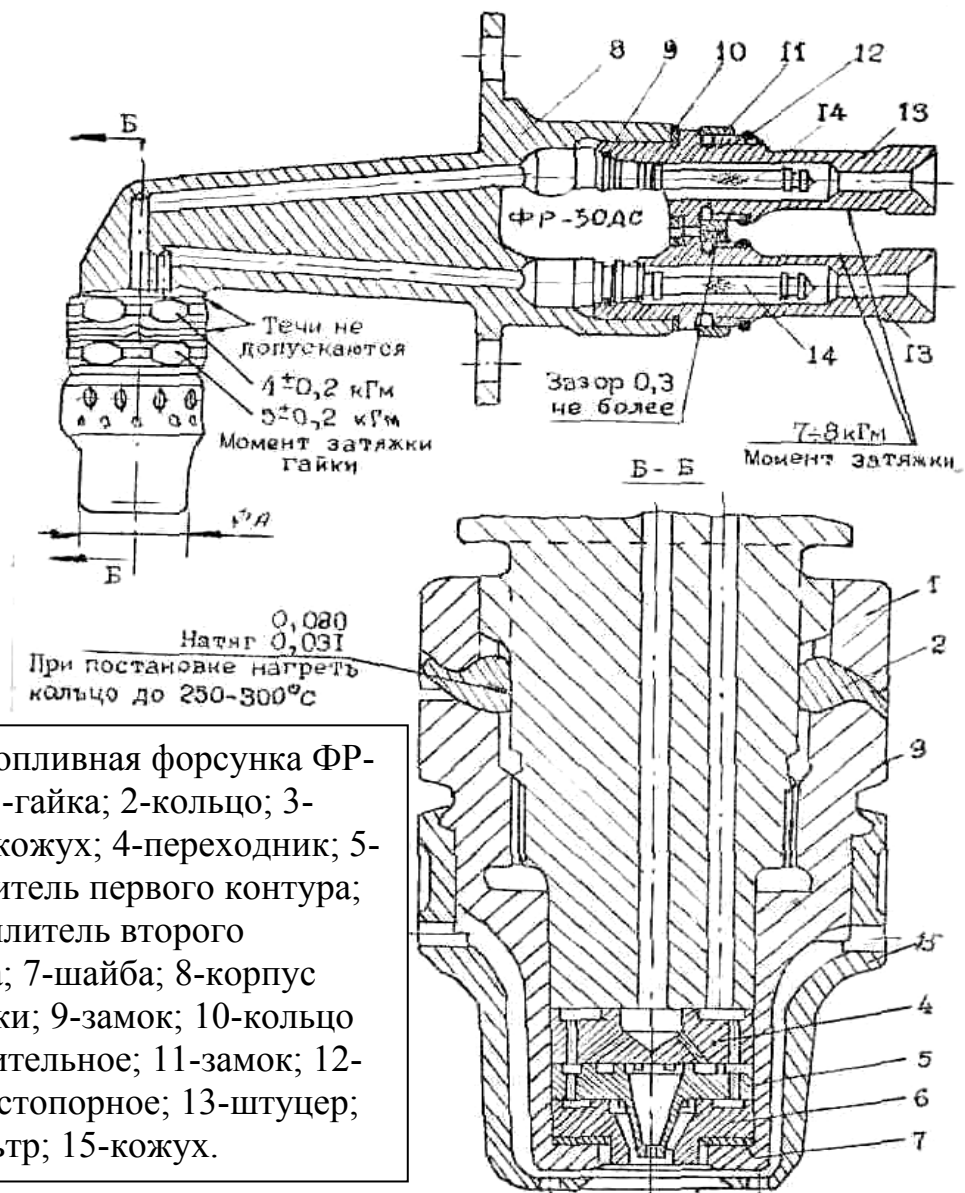


Рис.2 Топливная форсунка ФР-30ДС: 1-гайка; 2-кольцо; 3-стакан-кожух; 4-переходник; 5-распылитель первого контура; 6-распылитель второго контура; 7-шайба; 8-корпус форсунки; 9-замок; 10-кольцо уплотнительное; 11-замок; 12-кольцо стопорное; 13-штуцер; 14-фильтр; 15-кожух.

Корпус-8 форсунки теплоизолированный, изготовлен из стали 38ХА, имеющий головку для крепления пакета распылителя, два гнезда для штуцеров подвода топлива и фланец для крепления форсунки к фланцу диффузора камеры сгорания. В корпусе просверлены два канала, канал первого и второго контуров, по которым подводится топливо к распылителям.

В подводящих штуцерах-13 топливных каналов контуров размещены два сетчатых фильтра-14, предохраняющих форсунку от засорения. Контровка фильтров осуществляется пружинными замками-11. Резьбовые соединения штуцеров с корпусом форсунки уплотняются медными кольцами-10. Для устранения отворачивания во время работы на штуцеры ставятся шлицевые замки-9, которые фиксируются на штуцерах с помощью пружинных колец-12.

На головке корпуса форсунки крепится пакет распылителя, включающий в себя следующие детали: распылитель-5 первого контура, состоящий из завихрительной камеры и сопла; распылитель-6 второго контура, состоящий из завихрительной камеры и сопла; переходник-4, обеспечивающий распределение топлива от корпуса форсунки к распылителям. Распылитель первого контура изготовлен из стали ХВГ, цилиндрический участок завихрительной камеры хромирован. Распылитель второго контура изготовлен из стали Х12М. Переходник с косыми отверстиями изготовлен из стали ШХ15, торцевая поверхность его, прилегающая к распылителю первого контура, хромирована гальваническим способом.

Детали пакета распылителя центрируются взаимно и относительно корпуса форсунки посредством стакана-3. Стакан-3 и приваренный к нему кожух-15 выполнены из стали 13Х14ВФРА. На кожухе-15 для предотвращения перегрева передней стенки предусмотрены обратный конус и шестнадцать продувочных отверстий диаметром 1 мм.

Для герметичности и компенсации суммарной непараллельности распылителей, на переходник корпуса и стакана устанавливается медное кольцо-10. Герметичность в резьбовом соединении достигается зажатием между уплотнительной шайбой-1 и стаканом-3 медного кольца-2, которое одновременно выполняет функцию контровки.

Для предотвращения коксообразования на торцах сопел форсунок предусмотрен обдув их воздухом, который из диффузора через отверстия кожуха по каналам поступает в жаровую трубу и обдувает сопла.

Топливо под давлением проходит фильтры, каналы в корпусе форсунки, отверстия в переходнике и через тангенциальные пазы распылителей первого и второго контуров поступает в завихрительные камеры, где под действием центробежных сил приобретает закрутку, выходя через сопла в виде полого конуса, и распыляется.

Первый контур форсунки работает начиная с запуска двигателя при давлении топлива, достаточном для получения хорошего качества распыла на всех режимах; второй контур форсунки вступает в работу при достижении давления топлива в первом контуре не менее 1,4 МПа и далее работает совместно с первым контуром.

### Разборка топливных форсунок

Разборка форсунок производится в специальном приспособлении в следующей последовательности. Снять стопорное кольцо-12 и замки-11 со штуцеров форсунки. Установить и закрепить форсунку в приспособлении. Вывернуть штуцер-13 из корпуса форсунки и снять уплотнительные кольца-10. Вынуть из штуцеров замки-9 и вывернуть фильтры-14. Расконтрить уплотнительную гайку-1 и стакан-кожух-3 и свернуть стакан-кожух. Выпрессовать пакет сопловых деталей из стакана-кожуха. Для обеспечения выпрессовки сопловых деталей допускается погружать стакан-кожух в

трансформаторное масло, нагретое до температуры  $T=40...60^{\circ}\text{C}$  выдержкой 10...15 мин. Снять уплотнительное кольцо-2 и свернуть гайку-1. Снять корпус форсунки с приспособления. Промытые корпуса (комплектно) укладываются в сортовики и отправляются на дефектацию.

#### Сборка форсунок

Непосредственно перед сборкой детали форсунки промываются в чистом бензине, тщательно осматриваются на предмет выявления забоин, заусенцев, рисок, коррозии. После осмотра корпус форсунки прополаскивается в смеси бензина Б-70с 6...10% масла МС-20 или МК-22 и устанавливается в специальное приспособление для сборки. Сборка осуществляется в обратной последовательности разборки. После сборки форсунки укладываются в чистый сортовик и комплектом направляются на испытания.

#### Испытание форсунок.

Испытание форсунок производится на стенде (рис.3, 4). В процессе испытания ведется протокол. Стенд обеспечивает контроль форсунок по следующим параметрам: замер производительности, замер неравномерности распыла по 12 секторам, замер угла конуса распыла и проверка герметичности (внешней).

Проверка производительности по первому контуру. Форсунка устанавливается в гнездо для проверки на производительность и неравномерность распыла и закрепляется зажимом. Подсоединяются к форсунке выходные шланги стенда. Открыть вентили (2,5,22) и клапан (24). Остальные вентили закрыть. Перевести рукоятку (23) вправо. Открыть краны слива (37 и 38). Включить электродвигатель, пролить систему в течение 2 минут. Перевести рукоятку (23) в положение «неравномерность». При этом стрелка секундомера должна находиться в нулевом положении. Вентилем (22) создать давление в системе 2 Мпа. Давление наблюдать по манометру (4). Перевести рычаг (23) в положение «производительность». При этом начинается заполнение мерного бачка (35) и включается секундомер. По истечению некоторого времени при появлении керосина в мерной колбе (смотреть через окно 16) перевести рычаг (23) в положение «неравномерность». Открыть вентиль (22) и закрыть – (5). Зарегистрировать показания уровня  $V$  в мм и секундомера (8)  $t$  в сек. По формуле :  $G=0,06*V/t$  , где

0,06-переводной коэффициент,  $G$  в л/мин- производительность, определить производительность. Производительность должна быть в пределах: 0,350...0,370 л/мин. Если производительность меньше 0,350 л/мин., разрешается увеличение глубины тангенциальных пазов растиркой (оправка и притир). Если пропускная способность больше 0,370 л/мин., разрешается притирка торца со стороны пазов в пределах допуска на размер (изменение глубины двух тангенциальных пазов на 0,01 мм дает соответственно увеличение или уменьшение производительности на 20 см<sup>3</sup>/мин).

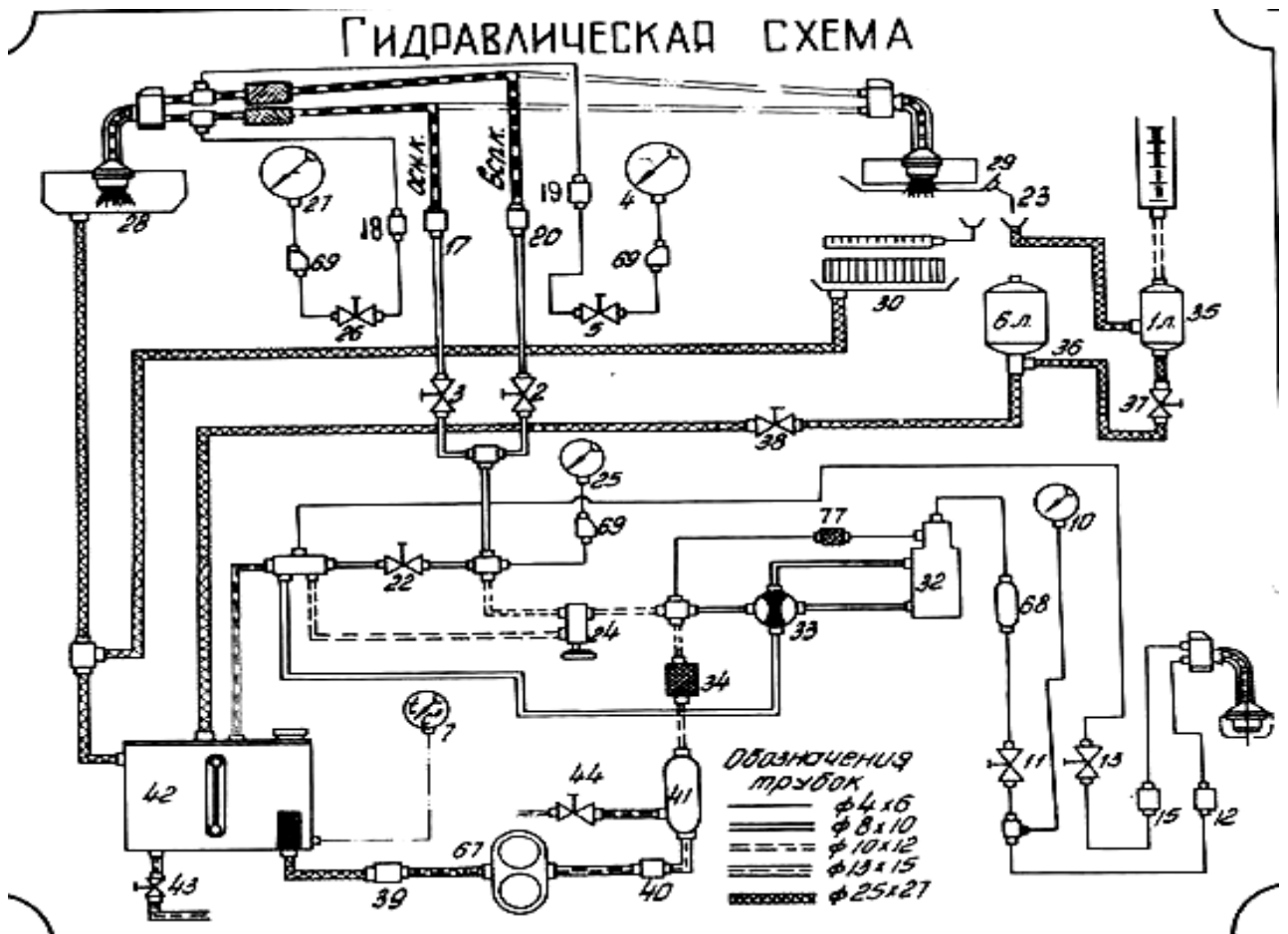


Рис.3 Гидравлическая схема стенда.

2, 3- соответственно вентили первого и второго контуров; 4- манометр 0...1,6 МПа; 5- вентиль запорный; 10- манометр 0...40 МПа; 11- вентиль запорный; 12, 15- штуцеры; 22- вентиль регулировочный; 24- регулировочный клапан; 25, 27- манометры 0...6 МПа; 26- вентиль; 28- камера замера угла конуса; 29- камера замера неравномерности распыла; 30- поддон; 32- мультипликатор; 33- кран мультипликатора; 34- фильтр ФГ- 11; 35, 36- мерные бачки; 37, 38- краны слива; 39, 40- соответственно заборный и выходной штуцеры; 42- расходный бак; 43, 44- вентили слива; 67- насос; 68- расширительный бачок; 69- дроссель.

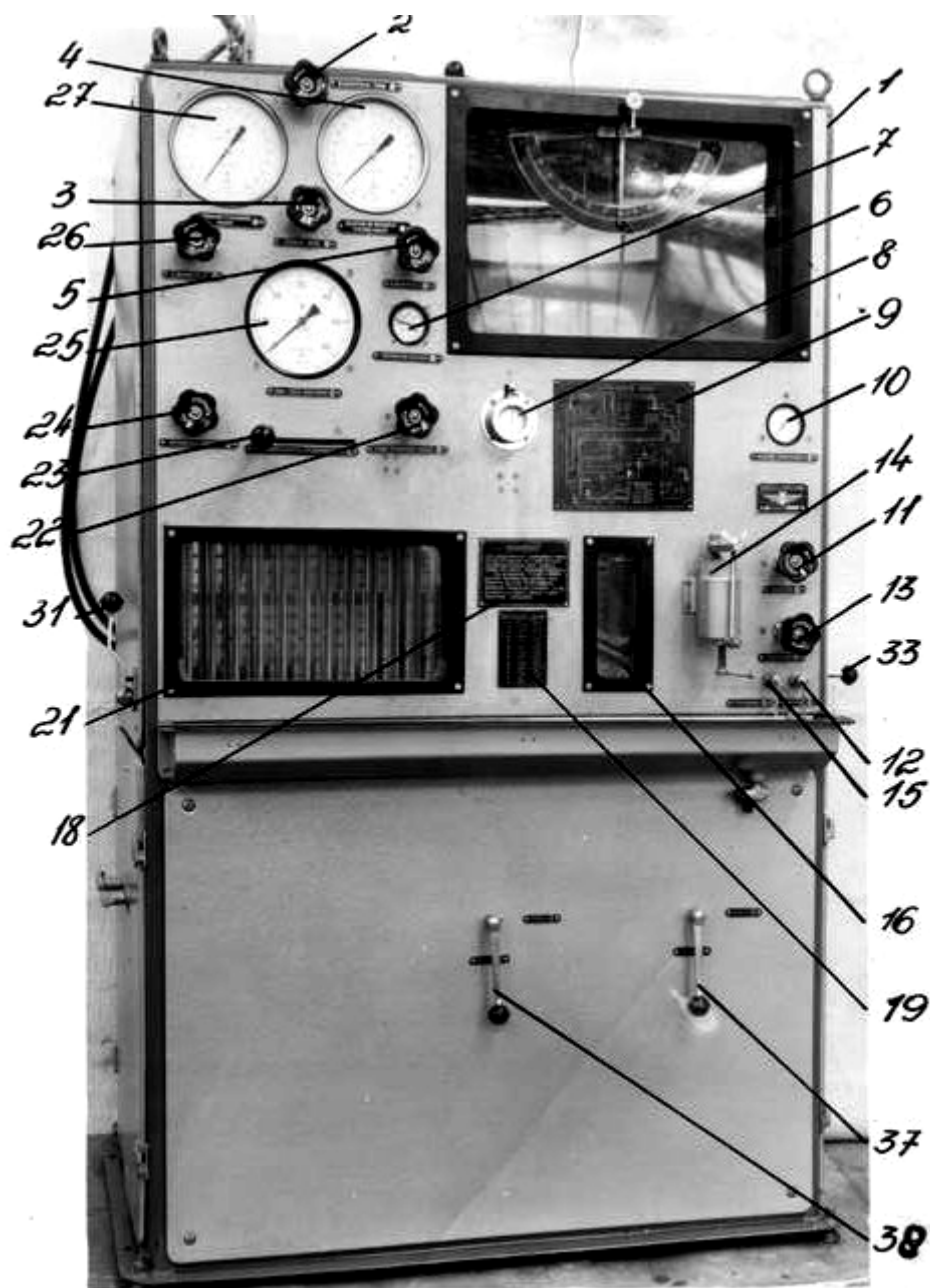


Рис.4 Общий вид стенда.

1-каркас; 2,3, 5, 11,13,22,26- вентили; 4, 10, 25, 27- манометры; 6- окно камеры замера угла конуса; 7- термометр; 8- секундомер; 12,15- штуцера; 14- приспособление для установки форсунки при испытании на герметичность; 16- окно мензурки замера производительности; 37, 38- рукоятки кранов слива керосина из мерных емкостей; 21- окно блока мензурок замера неравномерности распыла; 23- рычаг “производительность”, ”неравномерность”; 24- клапан ГА – 198; 31- рукоятка блока мензурок.

Проверка производительности первого и второго контуров. Открыть вентиль (3) и (26) . Вентилем (22) и клапаном (24) создать давление 20 и контролировать по манометру (27). Перевести рычаг (23) в положение «производительность». При этом начинается заполнение мерных бачков (36 и

35) и включается секундомер. При появлении керосина (смотреть через окно 16) перевести рычаг (23) в положение «неравномерность». Открыть клапан (24) и вентиль (22). Закрыть вентиль (26). Зарегистрировать показания уровня и секундомера. По полученным результатам определить производительность. Открыть кран слива (38). Производительность должна быть в пределах от 5,695 до 6,145 л/мин. Все форсунки по производительности разбиваются на три группы. Форсунки внутри группы разбиваются на комплекты по 12 форсунок в каждом. Для второй группы – 6,025...6,085 л/мин. Если производительность меньше, разрешается увеличение глубины тангенциальных пазов распылителя второго контура растиркой. Если больше – подгонку производить за счет притирки торца распылителя второго контура со стороны пазов в пределах допуска. Изменение глубины шести тангенциальных пазов на 0,01 мм дает соответственно уменьшение или увеличение производительности на 30 см<sup>3</sup>/мин.

Проверка неравномерности распыла первого контура. Закрыть вентиль (3). Перевести рычаг (23) в положение «производительность», вентилем создать давление и контролировать его по манометру (25). Повернуть рукоятку (31), слить керосин и установить блок мензурок (21) в вертикальное положение. Перевести рычаг (23) в положение «неравномерность». Наблюдать в окне (21) за наполнением мензурок керосином. Когда наибольшее наполнение в какой-либо из 12 мензурок достигнет уровня 100 см<sup>3</sup> – перевести рычаг (23) в положение «производительность». Открыть кран (22), зарегистрировать неравномерность распыла и по формуле определить  $S = (g_{\max} - g_{\min}) * 100\% / g_{\max}$ , где  $g_{\max}$  и  $g_{\min}$  – соответственно максимальное и минимальное наполнение топливом мерных емкостей. Неравномерность допускается не более 22%. Если неравномерность распределения топлива по секторам более 22%, подгонка производится за счет полировки поверхностей распылителя первого контура микронной шкуркой с последующей промывкой головки форсунки бензином. Рукояткой (31) слить керосин из блока мензурок.

Проверка неравномерности распыла первого и второго контура. Открыть вентиль (3). Вентилем (23) и клапаном (24) создать давление. Установить блок мензурок в вертикальное положение. Перевести рычаг (23) в положение «неравномерность» и наблюдать в окне (21) за наполнением мензурок керосином. При наполнении – перевести рычаг (23) в положение «производительность». Открыть вентиль (22) и клапан (24). Выключить электродвигатель. Зарегистрировать и рассчитать неравномерность распыла. Слить керосин из блока мензурок. Неравномерность распыла должна быть не более 15%, если больше, то производится подгонка полировкой поверхности у распылителей первого и второго контуров или за счет разворота распылителей относительно друг друга.

Проверка угла конуса распыла первого контура. Переставить форсунку на второе посадочное место и закрепить зажимом. Закрыть вентиль (2), включить электродвигатель. Вентилем создать давление. Поворачивая головку оси лепестка, подвести лепесток к струе керосина. Замерить угол



конуса. При этом рукоятка изменения положения форсунки должна быть в одном из крайних положений. Перевести рукоятку в другое крайнее положение, повторить замер угла конуса распыла. Зарегистрировать показания. Открыть вентиль (22). На первом контуре угол должен быть в пределах  $84^{\circ} \pm 4^{\circ}$ . Исправлять струйность притиркой центрального отверстия распылителя.

Проверка угла конуса распыла первого и второго контуров. Открыть полностью вентиль (3). Вентилем (22) и клапаном (24) создать давление. Поворачивая головку оси лепестка, подвести лепесток к струе керосина. Замерить угол конуса. При этом рукоятка изменения положения форсунки должна быть в одном из крайних положений. Перевести рукоятку в другое крайнее положение, повторить замер угла конуса распыла. Зарегистрировать показания. Открыть вентиль (22) и клапан (24). Выключить электродвигатель. Снять форсунку. На первом и втором контурах угол распыла должен быть в пределах  $87^{\circ} \pm 4^{\circ}$ .

Проверка герметичности форсунки. Форсунка монтируется на специальное гнездо установки, подсоединяются к штуцерам первого и второго контуров трубки подвода топлива. Включить электродвигатель, вентилем (22) создать давление по манометру (25). Последовательно устанавливается давление 3,5, 10 МПа с выдержкой по 30 с. на каждом режиме, затем стравливается до 2 МПа и в течение 6...10 с. повышается до 10 МПа. Данный переход повторяется три раза. Закрыть вентиль (11). Проверить герметичность форсунки (внешнюю). Выключить электродвигатель. Открыть краны (11, 13), вентили (2, 3). Снять форсунку. Зарегистрировать результаты испытания. В паспорт форсунки заносится: пропускная способность первого и второго контуров; углы распыла; процент неравномерности распыла; номер группы форсунки; проверяется комплектность форсунок по углу распыла. После выполнения всех работ производится консервация форсунки.

1. Контрольные вопросы.
  1. Какие повреждения выявляются внешним осмотром на деталях форсунки.
  2. Какой метод сборки применяется при сборке форсунки.
  3. Последовательность сборки форсунки.
  4. По каким параметрам контролируется форсунка.
  5. Последовательность действий при испытании форсунок на соответствующие параметры.
  6. Последовательность ТП консервации форсунок.
  7. Принципиальная схема стенда для испытания форсунок.