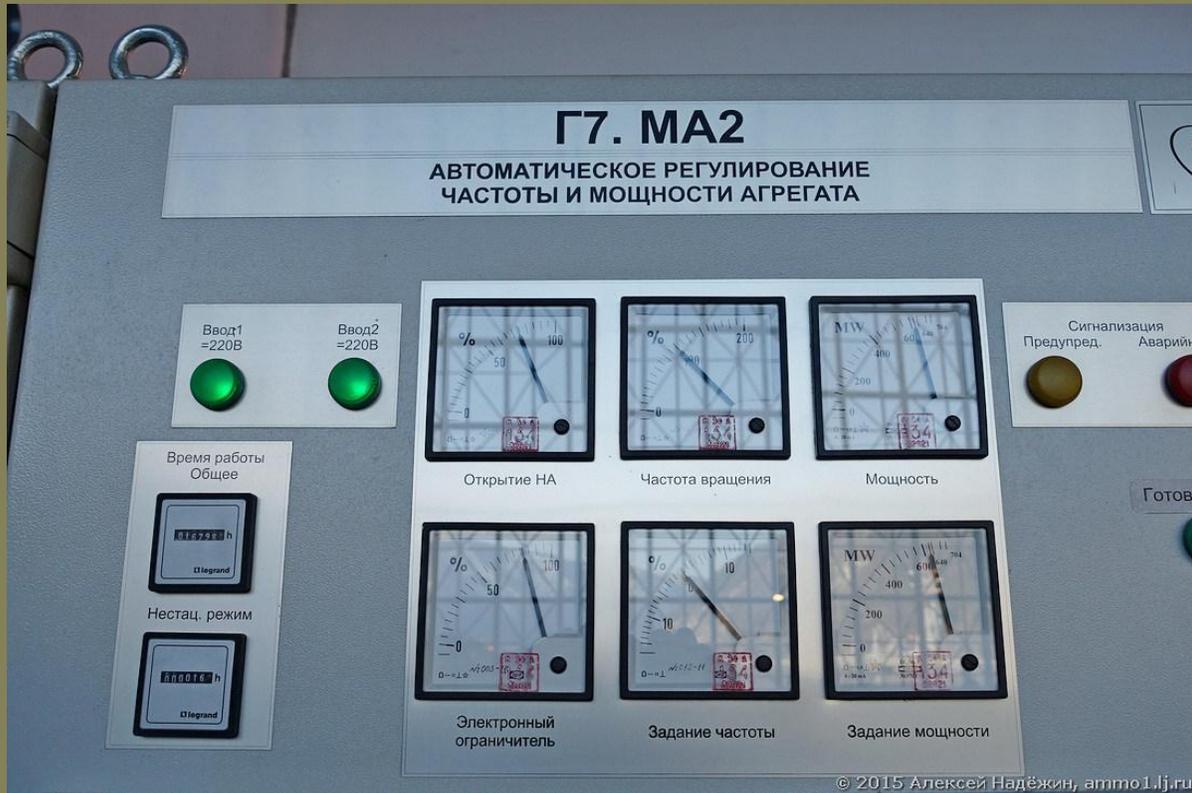


# ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

## Лекция 12

САРТ - система автоматического  
регулирования турбин

# СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОМАШИНАМИ



Назначение – обеспечить работу гидромашин без участия человека

Основные технологические операции:

- пуск и остановка агрегата,
- изменение нагрузки,
- автоматическое поддержание заданной мощности, частоты вращения,
- оптимальной комбинаторной зависимости в поворотно-лопастных турбинах,
- защиты от аварий

В состав САРУ входят: регулятор частоты вращения; маслонапорная установка с аппаратурой автоматического управления; аппаратура автоматического управления турбиной

# СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОМАШИНАМИ

В соответствии с выполняемыми функциями САУТ включает следующие три основных звена:

1. Управляющие – колонка управления (КУ), которая состоит из устройств воспринимающих внешние воздействия и сигналы, передаваемые на регулятор, и обрабатывающих по ним сигнал, который управляет открытием турбины;
2. Исполнительные – сервомоторы или серводвигатели, т.е. силовые органы, обычно гидравлические. Которые изменяют открытие турбины (направляющего аппарата, лопастей рабочего колеса реактивных турбин; иглы сопел и дефлекторов активных турбин)
3. Энергетические – маслonaпорная установка, которая обеспечивает энергоносителем (маслом под давлением) сервомоторы и распределительные устройства (золотники)





# ТРЕБОВАНИЯ К САРТ

При проектировании здания ГЭС колонка управления (КУ) и маслonaпорная установка (МНУ) должны быть расположены таким образом, чтобы длина коммуникаций (трубопроводов) была минимальной и чтобы было обеспечено удобство эксплуатации и ремонта, свободный подход, наличие подъемно-транспортного оборудования



# НОМЕНКЛАТУРА ЭЛЕМЕНТОВ САРТ-I

## 1. Сервомоторы НА

Разрабатываются и изготавливаются заводами, выпускающими турбины.

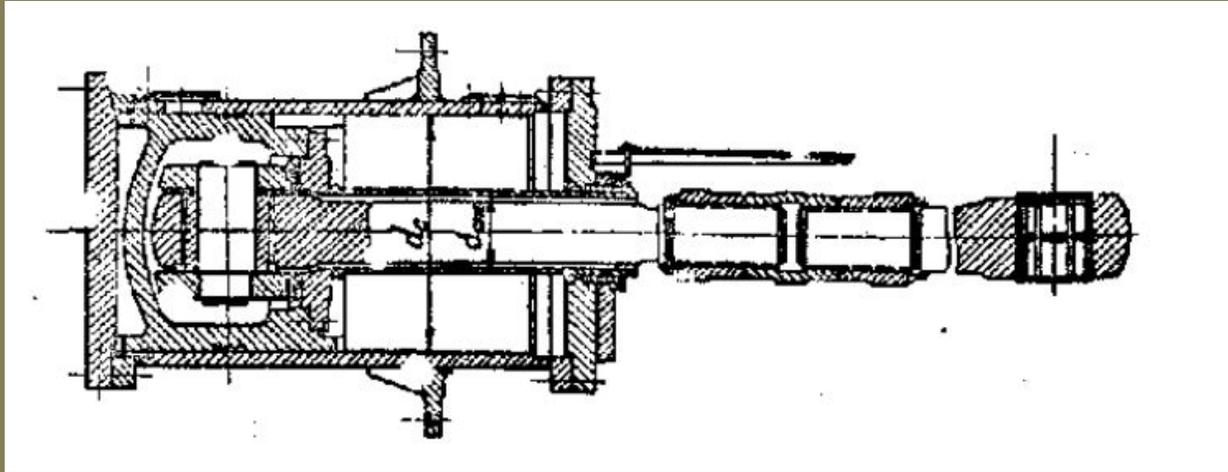
Рассчитываются сервомоторы на определенное давление масла, исходя из двух условий:

1. Необходимо развивать достаточно большие усилия, необходимые для перемещения органов регулирования турбины.
2. Обеспечение требуемого хода для полного диапазона регулирования (открытие НА от нуля до максимального значения)

# НОМЕНКЛАТУРА ЭЛЕМЕНТОВ САРТ-2

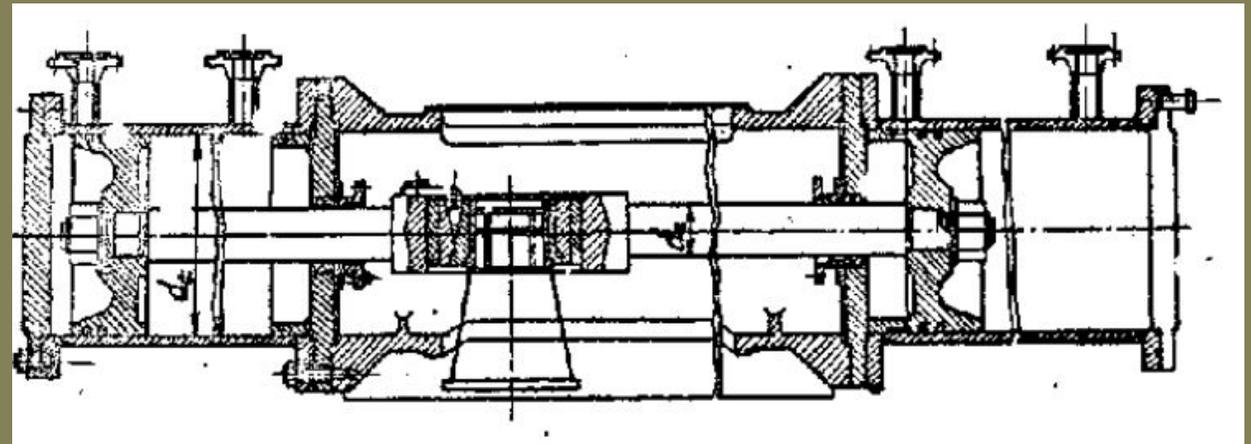
## 1. Сервомоторы НА

Наибольшее распространение получили два типа сервомоторов



Одинарные поршневые

Сдвоенные поршневые

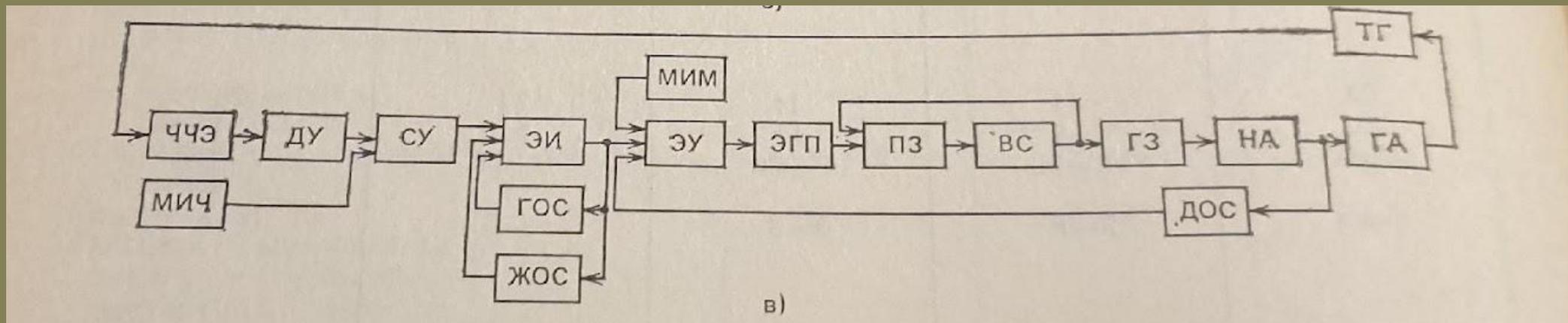


# НОМЕНКЛАТУРА ЭЛЕМЕНТОВ САРТ-3

## 2. Регуляторы турбин

Как правило, применяются электрогидравлические, в которых все первичные устройства регулирования осуществлены в виде электрических схем, а вторичные, управляющие устройства, выполнены гидромеханическими

Функциональная схема электрогидравлического регулятора



ЧЧЭ — частотно-чувствительный элемент; МИЧМ — механизм изменения частоты и мощности; СУ — суммирующее устройство; ЭУ — электрический усилитель; ЭГП — электрогидравлический преобразователь; ПЗ — побудительный золотник; ВС — вспомогательный сервомотор; ГЗ — главный золотник; ГОС — гибкая (изодромная) обратная связь; ЖОС — жесткая обратная связь (статизм); НА — направляющий аппарат; ДОС — датчик обратной связи; ГА — гидроагрегат; ТГ — тахогенератор; МИЧ — механизм изменения частоты; МИМ — механизм изменения мощности; ПС — промежуточный сервомотор; ДУ — дифференцирующее устройство; ЭИ — электрический интегратор

# НОМЕНКЛАТУРА ЭЛЕМЕНТОВ САРТ-4

## 2. Регуляторы турбин

Производство ЛМЗ

Тип регулятора	Тип панели электро-оборудования	Тип гидромеханической колонки управления	Годы поставок
<i>Для радиально-осевых гидротурбин</i>			
ЭГР-150	ЭГР	ЭГР-150	1961—1963
ЭГР-100-3		ЭГР-100-3	1964—1965
ЭГР-150-3		ЭГР-150-3	1965—1966
ЭГР-М-150-3	ЭГР-М	ЭГР-150-3	1967—1971
ЭГР-М-100-3		ЭГР-100-3	1970—1971
ЭГР-2М-100-4	ЭГР-2М	ЭГР-100-4	1970—1978
ЭГР-2М-150-4		ЭГР-150-4	1973—1977
ЭГР-И-150-10	ЭГР-И	ЭГР-150-10	1974—1978
ЭГР-1Т-100-4	ЭГР-1Т	ЭГР-100-4	1975—1978
ЭГР-1Т-100-5		ЭГР-100-5	1976, 1980
ЭГР-1Т-150-4		ЭГР-150-4	1980—1982
ЭГР-2И-10-7 *	ЭГР-2И	ЭГР-10-7	1977—1982
ЭГР-2И1-100-4	ЭГР-2И1	ЭГР-100-4	С 1983
ЭГР-2И1-150-4		ЭГР-150-4	С 1983
ЭГР-2И1-100-11		ЭГР-100-11	С 1985
ЭГР-2И1-150-11		ЭГР-150-11	С 1985

# НОМЕНКЛАТУРА ЭЛЕМЕНТОВ САРТ-5

## 2. Регуляторы турбин

Производство ЛМЗ

Для поворотно-лопастных гидротурбин			
ЭГРК-100	ЭГР	ЭГРК-150	1961—1964
ЭГРК-100		ЭГРК-100	1963—1965
ЭГРК-150-2		ЭГРК-150-2	1965—1966
ЭГРК-100-2		ЭГРК-100-2	1966, 1969
ЭГРК-М-150-2	ЭГР-М	ЭГРК-150-2	1967—1971
ЭГРМК-М-100-2		ЭГРК-100-2	1968—1971
ЭГРК-2М-100-4	ЭГР-2М	ЭГРК-100-4	1970—1973
ЭГРК-2М-250-3		ЭГРК-250-3	1970
ЭГРК-2М-150-4		ЭГРК-150-4	1972—1976
ЭГРК-2М-200-3		ЭГРК-200-3	1972—1977
ЭГРК-1Т-150-4	ЭГР-1Т	ЭГРК-150-4	1975—1982
ЭГРК-1Т-150-5		ЭГРК-150-5	1976
ЭГРК-1Т-100-4		ЭГРК-100-4	1976—1982
ЭГРК-1Т-200-6		ЭГРК-200-6	1978—1982
ЭГРК-2И1-100-4	ЭГР-2И1	ЭГРК-100-4	С 1983
ЭГРК-2И1-150-4		ЭГРК-150-4	С 1983
Для ковшовых гидротурбин			
КЭГР-70	ЭГР	КЭГР	1968
ЭГР-2И1-10-6 **	ЭГР-2И1	ЭГР-10-6	С 1985
Для насос-турбин			
ЭГР-2И1-10-8 *	ЭГР-2И1	ЭГР-10-8	С 1983
ЭГР-2И1-150-9 ***		ЭГР-150-9	С 1984

\* Регулятор рассчитан на давление в МНУ 6,3 МПа для привода индивидуальных сервомоторов.

\*\* Регулятор для привода индивидуальных сервомоторов сопл и отсекателей.

\*\*\* Регулятор рассчитан на давление в МНУ 6,3 МПа.

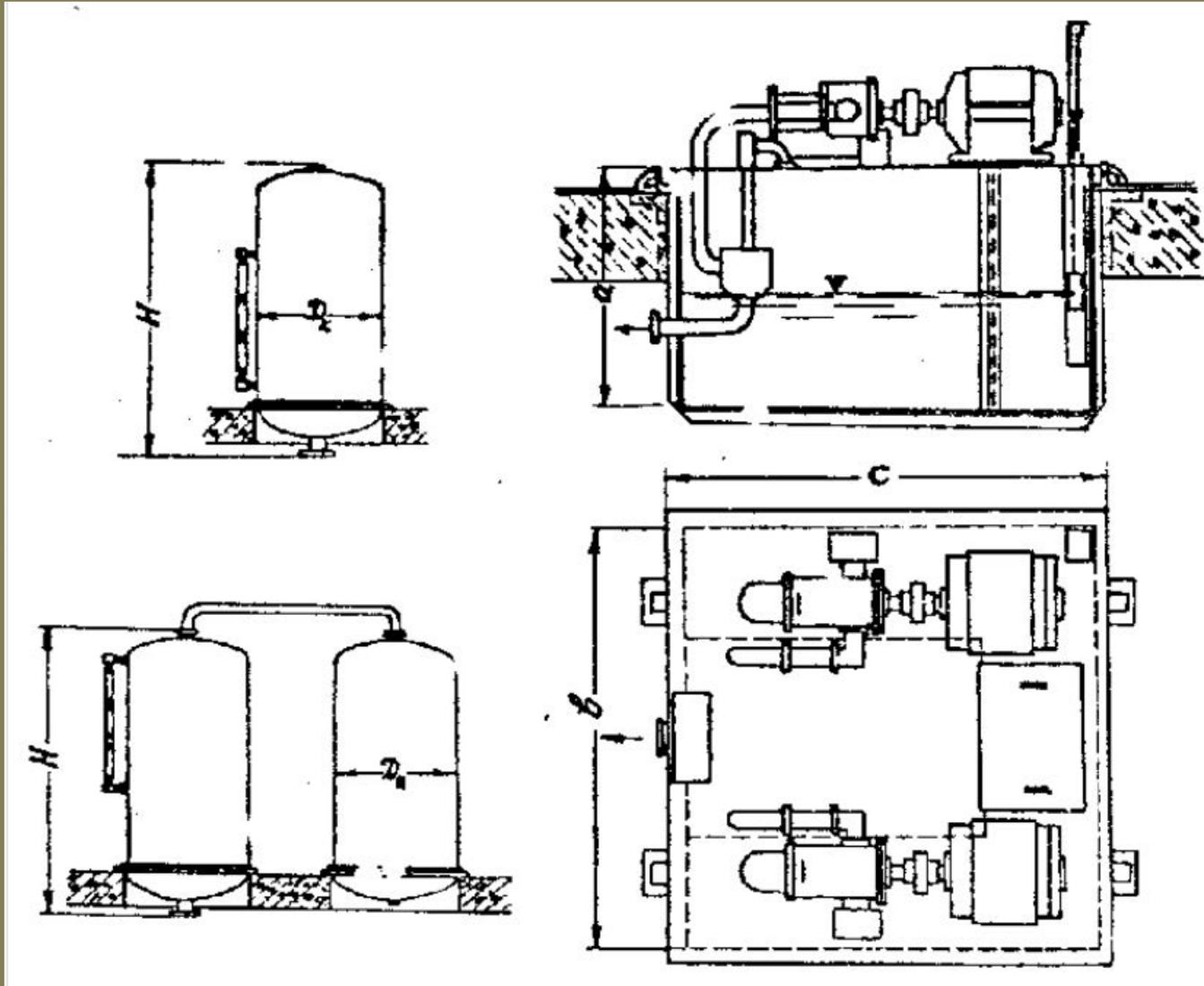
# НОМЕНКЛАТУРА ЭЛЕМЕНТОВ САРТ-5

## 2. Регуляторы турбин

Параметр	Тип панели	
	ЭГР-1Т	ЭГР-2И1
Минимальная мертвая зона $i_x, \%$	0,025	0,01
Искусственно вводимая мертвая зона $f_d, \%$	$0 \div \pm 2$	$\pm 0,5$
Диапазон устройства задания частоты на холостом ходу, %	$\pm 10$	$\pm 10$
Точность поддержания частоты на холостом ходу, %	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$
Постоянная времени изодрома $T_d, c$	0—25	0—20
Временная неравномерность регулятора $b_t, \%$	0—100	0—100
Статизм регулятора $b_p, \%$	0—10	0—10
Постоянная времени ускорения $T_n, c$	0—1	0—1,5
Коэффициент, характеризующий частотный диапазон действия ускорения $K$	0,1	0,1
Коэффициент усиления частотно-чувствительного элемента $k_0$	1	1
Постоянная времени интегрирующего усилителя $T_{y1}, c$	0,03	0,02
Постоянная времени интегратора мощности $T_P, c$	—	0—50
Постоянная времени сервомотора следящей системы регулятора $T_y, c$	0,2—0,55	

# НОМЕНКЛАТУРА ЭЛЕМЕНТОВ САРТ-6

## 3. Маслонапорные установки



МУ состоят из маслоборника М, заполненного маслом до уровня, показываемого поплавковым указателем, винтовых маслонасосов с электродвигателями и масловоздушного гидроаккумулятора А, примерно  $2/3$  объема которого заполнено сжатым воздухом и  $1/3$  – маслом

Пополнение масла в котле осуществляется насосом, который перекачивает его из маслоборника в котел, уровень масла в котле виден по маломерному стеклу.

Для большей надежности устанавливаются два насоса: рабочий и резервный

# НОМЕНКЛАТУРА ЭЛЕМЕНТОВ САРТ-7

## 3. Маслонапорные установки

Маслонапорные установки с номинальным давлением 4 МПа

Марки и показатели МНУ*	Гидроаккумулятор				Масляный насос		Маслосборник, мм			Масса, т	
	Объем номи- наль- ный, м <sup>3</sup>	Число котлов	Диаметр котла $\varnothing$ , мм	Высота Н, мм	Поддача, л/с	Мощность кВт	а	в	с		
МНУ 1,6/1-40	1,6	1	1040	2060	3,5	18,5	1000	1800	1600	4,5	
МНУ 2,5/1-40	2,5	1	1148	2660	6,2	33	1100	2200	1800	6,0	
МНУ 4/1-40	4,0		1452	2500						7,5	
МНУ 6,3/1-40	6,3	1	1664	3050	8,9	53	1300	2500	2500	10,6	
МНУ 8/1-40	8,0		1860	3100						11,5	
МНУ 10/1-40	10,0	1	2064	3140	13,9	72	1600	2800	2800	15,2	
МНУ 12,5/1-40	12,5	1	2272	3230			1600		2800	17,2	
МНУ 16/1-40	16,0	1	2280	4090			1600		2800	3600	18,6
МНУ 16/2-40	8,0	2	1860	3030			2000		3600	21,1	
МНУ 20/2-40	10,0	2	2064	3030			2000		3600	23,3	
МНУ 25/2-40	12,5	2	2272	3136	17,5	100	2500	3000	4200	33,0	
МНУ 30/2-40	15,0		2480	3160						37,0	
МНУ 36/2-40	18,0		2480	3800						42,0	

\* Последняя цифра в маркировке - давление в кгс/см<sup>2</sup>.