

ТЕПЛООБМЕННИКИ ДЛЯ ГИДРОСИСТЕМ МОБИЛЬНЫХ МАШИН И ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Назначение и применение. Для эффективной эксплуатации мобильных машин и стационарного промышленного оборудования с гидроприводом необходимо создать условия оптимального теплового состояния, обеспечивающего стабильность рабочих характеристик компонентов гидропривода.

Следует иметь в виду, что температура рабочей жидкости (РЖ) в гидросистемах постепенно повышается в связи с неизбежно возникающими трением между слоями вязкой РЖ при движении и гидравлическими сопротивлениями потоку в каналах гидроаппаратов и в трубопроводах. Известно также, что с повышением температуры РЖ уменьшается вязкость и увеличиваются объёмные потери вследствие увеличения внутренних перетечек и наружных утечек в компонентах гидропривода. При нагреве до высокой температуры нарушаются условия смазывания поверхностей сопряжённых деталей при различных скоростях движения, может возникнуть локальный нагрев поверхностей трения, интенсивное изнашивание и даже «схватывание» сопряжённых деталей.

Допускается максимальное значение температуры РЖ при длительной работе на гидравлическом масле МГ-15В по ГОСТ 17479.3-85 (ВМГЗ, ТУ38.101479-00): для шестерённых насосов до +35°C; для аксиально-поршневых насосов и гидромоторов до +60°C; на гидравлическом масле МГЕ-46В (МГ-30, ТУ38.001347-83): для шестерённых насосов до +60°C; для аксиально-поршневых насосов и гидромоторов до +70°C.

Увеличение вместимости и теплоотдающей поверхности гидробака повышает продолжительность нагрева РЖ, но не оказывает существенного влияния на стабилизацию теплового режима гидропривода. Для интенсивного охлаждения РЖ и стабилизации температуры РЖ применяют воздушные или водяные теплообменники, предназначенные для охлаждения РЖ, циркулирующей в гидросистеме мобильных машин и промышленного оборудования.

Устройство, конструктивные исполнения и характеристики. Воздушно-масляные теплообменники серии НРА, изготавливаемые в различных конструктивных исполнениях, состоят из следующих основных частей.

- **Радиатора**, со сквозными отверстиями из высокопрочного сплава алюминия с бронзой при помощи специального процесса сварки под вакуумом, внутри которого по трубкам циркулирует охлаждаемая РЖ. Специфическая конфигурация охлаждаемых трубок с оребрением и завихривающимся потоком РЖ увеличивают турбулентность потока и, следовательно, теплообменную способность, повышающую коэффициент теплопередачи. Радиаторы теплообменников рассчитаны на рабочее давление 2,0 МПа, максимальное испытательное давление 3,5 МПа. Для предохранения радиатора от перегрузки при пуске на холодном масле параллельно сливному потоку установлен переливной (байпас) клапан (см. рис. 5).
- **Вентилятора** стального или пластмассового, нагнетающего или всасывающего поток воздуха через радиатор, который может приводиться от электродвигателей переменного тока (230В, 50Гц), постоянного тока (12В или 24В) или от гидромотора.
- **Защитного кожуха** из стали и **термостата** для поддержания температуры в шести диапазонах от +40±28°C до 90±78°C или регулируемого термостата в диапазоне 0 до +120°C.
- **Электрической системы**, включающей электродвигатель, тепловой релейный элемент. Безопасность электропроводки, установленной внутри теплообменника, соответствует классу электрической защиты IP44-55 и классу защиты IP64 с электродвигателями постоянного тока.

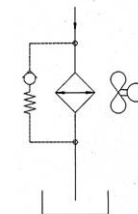
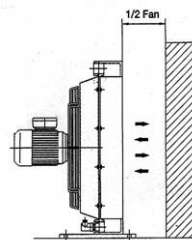
Уровень звука зависит от частоты вращения вентилятора (от 980 до 3100 об/мин) изменяется в пределах от 72 до 87 dB(A).

Максимальная допускаемая температура охлаждаемой жидкости до +120°C.

Общие виды воздушно-масляных теплообменников серии НРА приведены на рис. 1.

Номенклатура воздушно - масляных теплообменников, поставляемых ЗАО «ГидраПак Холдинг», составляет 20 типоразмеров, 50 конструктивных исполнений на максимальный расход охлаждаемой РЖ от 80 до 560 л/мин.

Ниже в табл.1 приведены: коды исполнений теплообменников серии НРА, допускаемый максимальный расход охлаждаемой РЖ и основные параметры вентиляторов.



**Рис.1-серии НРА; Рис.2- серии НРА 2Pass; Рис.3-серии НРА/2; Рис.4. Рис.5.
Рис.4-общий вид установки теплообменника; Рис.5-принципиальная гидравлическая схема.**

В табл.1 приняты следующие сокращенные обозначения: код серии теплообменников НРА; № - порядковый номер теплообменника, устанавливаемый изготовителем, который определяет состав комплектующих изделий и их параметры; Q_{\max} -максимальный расход (л/мин) охлаждаемой жидкости, проходящей через теплообменник; V_{\max} напряжение питания электродвигателя переменного (АС) или постоянного (DC) тока; $N_{\text{в}}$ - мощность потребляемая электродвигателем (кВт) для привода вентилятора; $n_{\text{в}}$ -частота вращения вентилятора (об/мин); $D_{\text{вент.}}$ - наружный диаметр вентилятора (мм); $M^3/Ч$ -подача воздуха вентилятором; масса теплообменника, кг.

Таблица 1.

КОД серии	№ исполнения	Q_{\max} , л/мин	Привод электродвигателем, V_{\max} , АС и DC, или гидромотором	$N_{\text{в}}$, кВт	$n_{\text{в}}$, об/мин	$D_{\text{вент.}}$, мм	$M^3/Ч$, Воздуха	Масса кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9
НРА12	241203	120	230-400 В14АС	0,250	1450	315	1650	17
	241212		12 DC	0,045	3000	305	1590	15
	241224		24 DC	0,16	3000	305	1700	15
	241256		гидромотором	0,08	4300	167	410	5
НРА18	241803	140	230-400 АС	0,37	1450	400	3350	20
	241812		12DC	0,21	2500	385	2850	18
	241824		24DC	0,21	2500	384	3100	18
	241856		гидромотором	*	*	400	*	19
НРА24	242403	140	230- 400АС В14	0,55	1450	200	675	28
	242412		12DC	0,21	2500	200	645	22
	252004		24DC	0,21	2500	200	390	22
	252012		гидромотором	0,09	*	400	*	23
НРА 30	243003	160	230- 400АС В14	0,75	1450	450	4000	37
	243012		12DC	0,15	3100	280	1550	32
	243024		24DC	0,15	3100	280	1700	32
	243056		гидромотором	*	*	450	*	35
НРА 36	243603	180	230- 400АС В14	1,1	1450	500	5650	60
	243612		12DC	0,2	3100	305	2100	50
	243624		24DC	0,2	3100	305	2400	50
	243656		гидромотором	*	*	500	*	52
НРА 42	244203	220	230- 400АС В14		1450	560	7550	65
	244256		гидромотором		*	560	*	58
	244258		гидромотором		*	560	*	58
НРА 50	245003	280	230- 400АС В14	1,1	980	630	7550	90
	245056		гидромотором	*	*	630	*	83
	245058		гидромотором	*	*	630	*	83
НРА-52	245203	280	230- 400АС В14	1,1	980	630	7050	95
	245256		гидромотором	*	*	630	*	89
	245256		гидромотором	*	*	630	*	89

Теплообменники двухпроходные серии НРА 24 2

НРА 24 2	242703	80	230- 400АС В14	0,55	1450	400	2800	28
	242712		12DC	0,21	2500	385	2100	22
	242724		24DC	0,21	2500	385	2250	22
	242756		гидромотором	*	*	400	*	23
НРА 30 2	243303	100	230- 400АС В14	0,75	1450	450	4000	37
	243321		12DC	0,15	3100	280	1550	32
	243324		24DC	0,15	3100	280	1700	32
	243356		гидромотором			450		35
НРА 36 2	243803	120	230- 400АС В14	1,1	1450	500	5650	60
	243812		12DC	0,2	3100	305	2100	50
	243824		24DC	0,2	3100	305	2400	50
	243856		гидромотором			500		52
НРА 42 2	244503	120	230- 400АС В14	1,1	1450	560	7550	65
	244556		гидромотором	*	*	560	*	58
	244558		гидромотором	*	*	560	*	58
НРА 50 2	298703	160	230- 400АС В14	1,1	980	630	7550	90
	298756		гидромотором	*	*	630	*	83
	298758		гидромотором	*	*	630	*	83
НРА 52 2	245403		230- 400АС В14	1,1	980	630	7050	95
	245456		гидромотором	*	*	630	*	89
	245458		гидромотором	*	*	630	*	89
НРА 30 2	243103	320	230- 400АС В14	0,75	1450	400	3300	74
	243112		12DC	0,150	3100	280	1550	64
	243124		24DC	0,150	3100	280	1700	64
	243156		гидромотором	*	*	400	*	70
НРА 36 2	243703	360	230- 400АС В14	1,1	1450	500	5650	120
	3437122		12DC	0,2	3100	305	2100	100
	243724		24DC	0,2	3100	305	2400	100
	243756		гидромотором	*	*	500	*	102
НРА 42 2	244303	440	230- 400АС В14	1,1	1450	560	7550	135
	244356		гидромотором	*	*	560	*	122
	244358		гидромотором	*	*	560	*	122
НРА 50 2	298803	560	230- 400АС В14	1,1	1450	560	8500	192
	298856		гидромотором	*	*	560	*	180
	298858		гидромотором	*	*	560	*	180
НРА 52 2	245303	560	230- 400АС В14	1,1	1450	560	7750	195
	245358		гидромотором	*	*	560	*	180
	245358		гидромотором	*	*	560	*	180
НРА 44 3	041240 В40050	500	230-400АС	1,1	1420	560	10000	210
	041240 В40060		230-400АС	1,1	1720	560	10000	210

Примечание:*- для получения отсутствующих в таблице значений параметров рекомендуется обратиться в службу технической поддержки «ГидраПак Холдинг» по тел.(495) 661-24-90, факс. (495) 223-25-48.

Рекомендуется применять для охлаждения совместимые жидкости: гидравлические масла на нефтяной основе МГ-15В по ГОСТ 17479.3-85 (ВМГЗ, ТУ36.101479-00) и МГЕ-46В (МГ-30) ТУ38.001347-83 и другие, указанные в руководстве по эксплуатации путевой машины или стационарного оборудования с гидроприводом.

Применение агрессивных жидкостей в теплообменниках подлежит согласованию с заводом – изготовителем или с поставщиком изделия.

Основной характеристикой теплообменника является способность отводить или рассеивать в атмосферу тепловой поток в ккал/ч (или кВт), который определяется по графикам в зависимости от перепада

температуры ΔT и расхода охлаждаемого гидравлического масла Q (л/мин), циркулирующего в радиаторе, для конкретного типоразмера теплообменника.

Для графиков потерь давления (кг/см^2) при расходе через радиатор РЖ (л/мин) вязкостью 32 кинематической вязкости РЖ в диапазоне от 10 до 300 сСт.

Таблица 2.

сСт	10	15	20	30	40	50	60	80	100	200	300
F	0,5	0,65	0,77	1,0	1,2	1,4	1,6	1,9	2,1	3,3	4,3

При выборе типоразмера теплообменника необходимо учитывать гидравлическое сопротивление потоку РЖ, чтобы не снижать эффективность теплоотдачи.

Ниже, в качестве примера, приведены рисунки теплообменников с габаритными и присоединительными размерами, потери давления при расходе через теплообменник охлаждаемой РЖ и графические характеристики теплообменников, определяющие отводимый тепловой поток (ккал/ч) или отводимую тепловую мощность (кВт) в зависимости от расхода РЖ (л/мин) при заданной разности температур охлаждаемой жидкости ($T_{ж}$) на входе в теплообменник и окружающего воздуха ($T_{в}$).

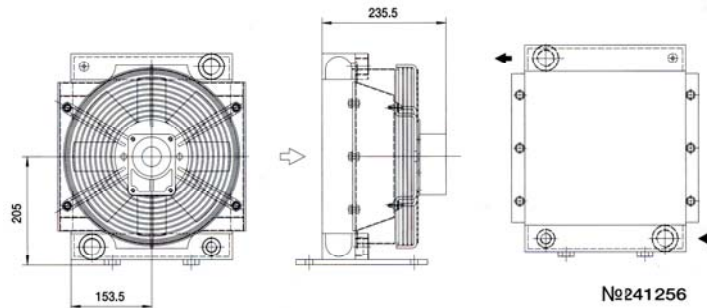


Рис. 6. Габаритные размеры теплообменника HPA 12 с приводом вентилятора от гидромотора

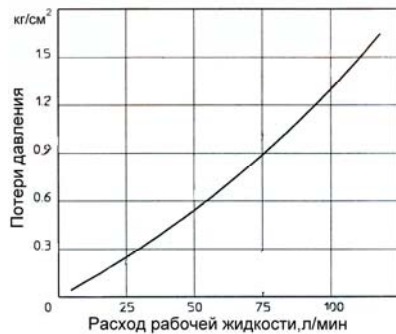


Рис. 7. Потери давления РЖ через HPA 12.

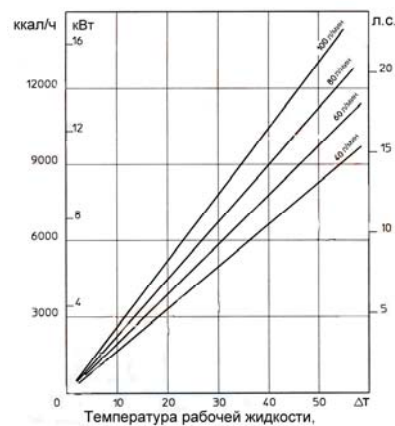


Рис. 8. Характеристика теплообменника HPA -12.

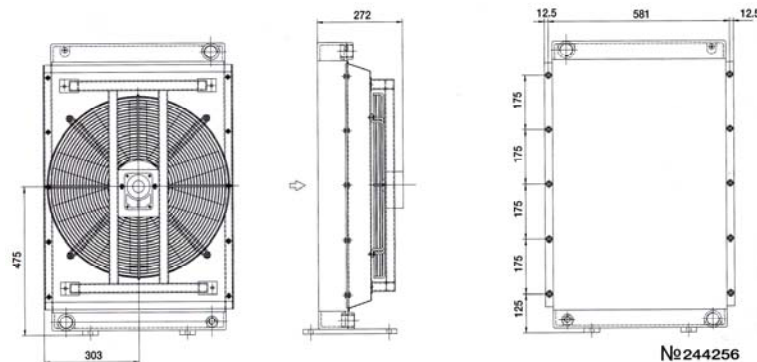


Рис. 9. Габаритные и присоединительные размеры теплообменника HPA 42.

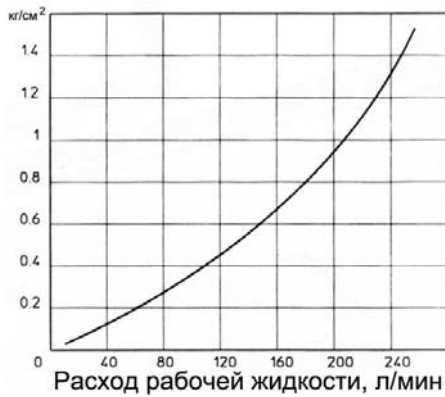


Рис.10. Потери давления РЖ через теплообменник НПА 42.

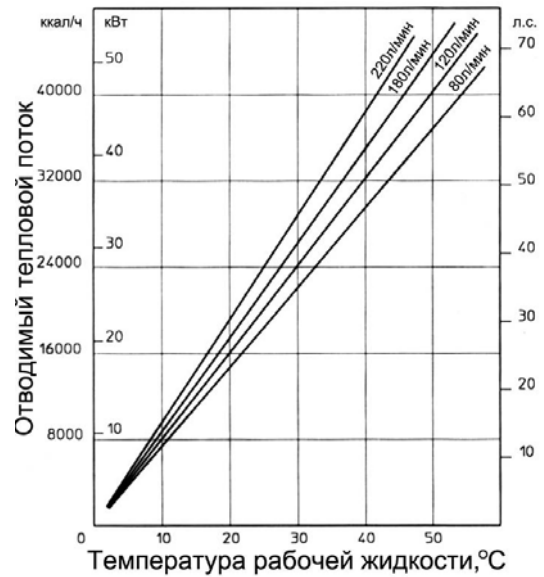


Рис.11. Характеристика теплообменника НПА 42.

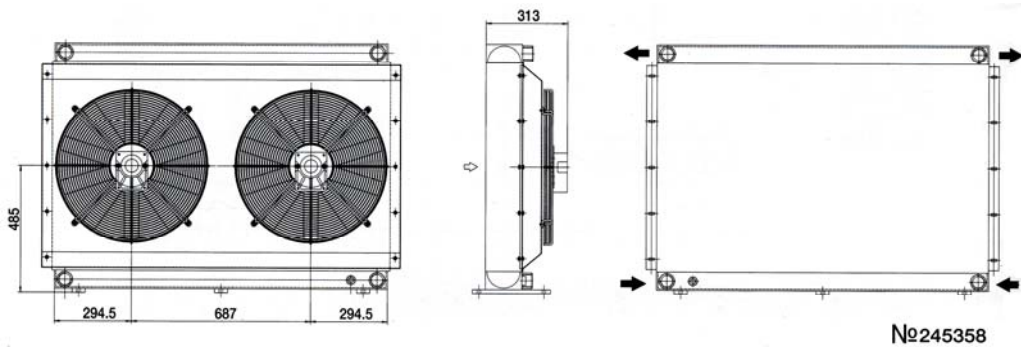


Рис.12. Габаритные размеры теплообменника НПА-52/2.

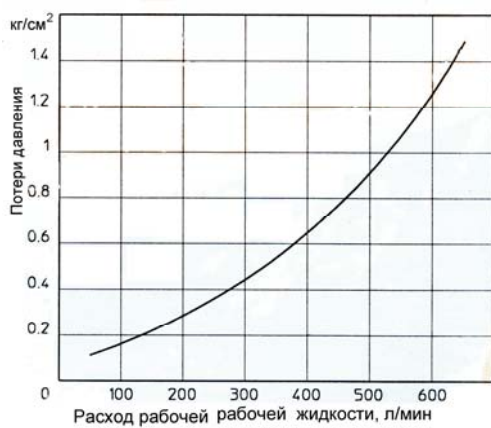


Рис.13. Потери давления РЖ через теплообменник НПА-52/2.

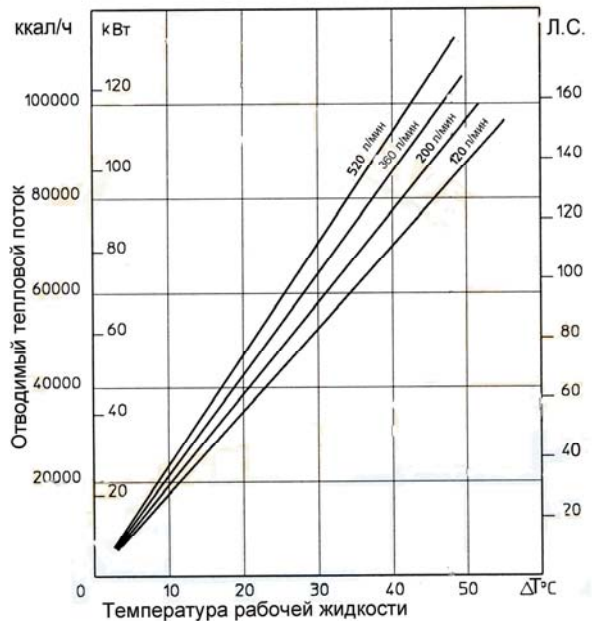


Рис.14. Характеристика теплообменника НПА 52/2..

На рис.6, 9, 12 приведены габаритные размеры теплообменников НРА 12, НРА 42, НРА 52/2; на рис.7,10,13 – потери давления при проходе РЖ через теплообменники НРА 12, НРА 42, НРА 52/2; на рис. 8, 11, 14 – характеристики теплообменников НРА 12, НРА 42, НРА 52/2.

УСТАНОВКА. Теплообменник может быть установлен в вертикальном положении при минимальном расстоянии от стены не менее 0,5 диаметра вентилятора (см. рис.4), чтобы обеспечить без препятствий естественный поток охлаждающего воздуха через радиатор.

Теплообменник обычно устанавливают в сливной гидролинии. Он должен быть защищен от внешних механических воздействий и колебаний давления, превышающего испытательное давление. Для этого в сливной гидролинии необходимо установить переливной клапан (см. рис.5), чтобы исключить чрезмерное давление при пуске в работу машины, особенно на холодной РЖ, и соединить теплообменник с трубопроводами гидросистемы гибкими рукавами, исключая передачу усилия на теплообменник.

Подключать электродвигатель к источнику питания необходимо в соответствии с приведенными на рис.15, 16, 17 и 18 схемами электропроводки в зависимости от типа электродвигателя и рода тока.

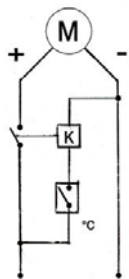


Рис.15.

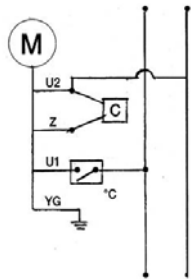


Рис.16

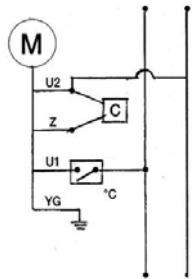


Рис.17.

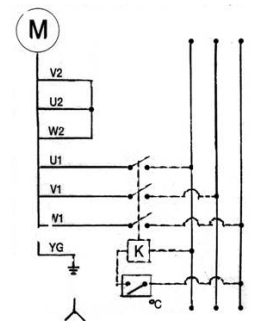


Рис.18.

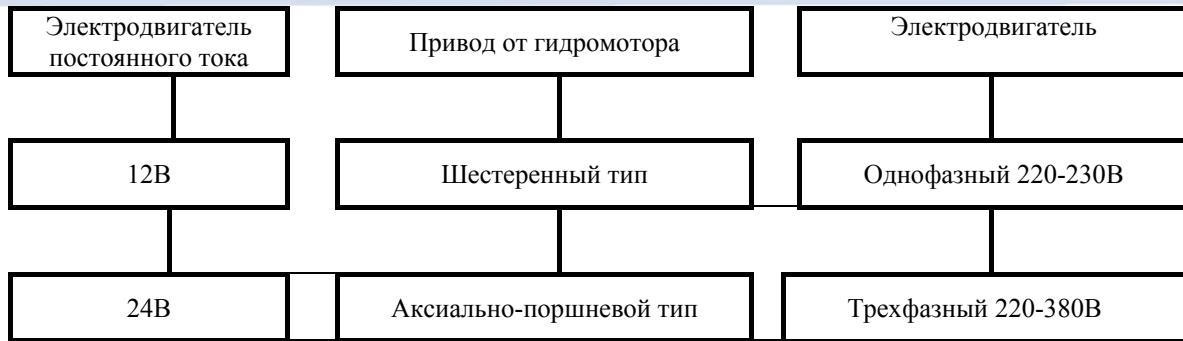
На рис.15 электропроводка постоянного тока напряжением 12-24В; на рис.16- однофазная электропроводка переменного тока напряжением 230 В; на рис.17 и 18 трехфазная электропроводка переменного тока напряжением 230 В и 400 В.

ВЫБОР ТИПОРАЗМЕРА ТЕПЛООБМЕННИКА. Для создания оптимального теплового режима работы объемного гидропривода необходимо обеспечить охлаждение РЖ путем отвода в окружающую атмосферу теплового потока, выделяемого в гидроприводе. В начале необходимо заполнить табл. 2 ответами на содержащиеся в ней вопросы.

Условия применения и исполнение воздушно-масляного теплообменника.

Таблица 3

Общая потребляемая мощность гидропривода	кВт	
Отводимая (рассеиваемая) мощность	кВт	
Температура масла на входе в теплообменник	°С	
Максимальная температура окружающего воздуха	°С	
Вязкость гидравлического масла	сСт	
Рабочее давление в гидроприводе	МПа	
Тип (исполнение) привода вентилятора		



Выбор воздушно-масляного теплообменника серии НРА.

Для выбора типоразмера теплообменника прежде всего необходимо знать потери мощности, переходящие в тепло в гидроприводе конкретной машины.

Условия применения теплообменников и режимы работы машин с гидроприводом могут быть самыми различными, даже в течение небольшого времени работы, трудно поддающихся точному определению теплового баланса. Поэтому ниже приводится пример для ориентировочного расчёта потерь мощности, переходящих в тепло в гидроприводе, состоящем из насоса, гидроцилиндра, распределителя, фильтра и трубопроводов гидросистемы, при котором наступит состояние теплового равновесия. Но для этого необходимо иметь числовые значения коэффициентов полезного действия основных компонентов гидропривода, оказывающих наибольшее влияние на повышение температуры РЖ: насосов и гидромоторов, а также потери давления в распределителе, в фильтре и трубопроводах [1].

В качестве примера для выбора теплообменника ниже приведены основные комплектующие изделия и технические данные гидропривода универсальной машины для замены шпал типа МСШУ. В гидроприводе машины установлены два шестерённых насоса типа НШ-32У3 с рабочим объёмом $31,7 \text{ см}^3$, объёмный КПД на гидравлическом масле МГЕ-46В составляет 0,88, частота вращения насосов $n_n = 1800 \text{ об/мин}$. При указанных условиях действительная подача двух насосов составит:

$$\Sigma Q = 2(n_n \cdot V_0 \cdot \eta_v) / 1000 = 2(1800 \cdot 31,7 \cdot 0,88) = 100,4 \text{ л/мин.}$$

Потребляемая насосом мощность при среднем значении давления в рабочем цикле 150 кг/см^2 :

$$N_{пр.н.} = Q \cdot \Delta P / 612 \cdot 0,85 = 100,4 \cdot 150 / 612 \cdot 0,85 = 29,0 \text{ кВт.}$$

Для ориентировочного расчёта примем допущение, что неучтённые потери давления, переходящие в тепло, на преодоление гидравлических сопротивлений в гидросистеме, отводятся через стенки стального бака и с поверхности трубопроводов.

Общий КПД гидропривода является отношением полезной мощности к потребляемой, то есть: $\eta_{общ.пр.} = N_{пол.} / N_{пр.}$. На основе выполненных экспериментальных исследований [1] общие потери мощности в гидроприводе мобильной машины при циклической работе составляют 30-40%. Следовательно, потери мощности переходящие в тепло составляют $\leq 0,7 \div 0,6$ от мощности потребляемой для привода насосов. Тогда для поддержания стабильного теплового режима необходимо обеспечить отвод (рассеивание в атмосферу) теплового потока мощностью:

$$\Theta = (30 \div 40) \cdot N_{пр.} = (30 \div 40) \cdot 29,0 / 100 = 8,7 \div 11,6 \text{ кВт.}$$

Принимая коэффициент эквивалентности теплового потока $1 \text{ кВт/ч} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 860 \text{ ккал/ч}$ получим значение теплового потока отводимого теплообменником:

$$\Theta_{min} = 8,7 \text{ кВт} \cdot 860 = 7482 \text{ ккал/ч}; \Theta_{max} = 11,6 \text{ кВт} \cdot 860 = 9976 \text{ ккал/ч.}$$

Выбираем теплообменник НРА 12, порядковый номер 241256 (см. табл. 1), по характеристике отводимой тепловой мощности с учетом расхода РЖ 100 л/мин и разности между температурой охлаждаемой жидкости ($T_{ж}$) на входе в теплообменник и температурой окружающего воздуха ($T_{в}$) $\Delta T = T_{ж} - T_{в} = 70^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C} = 40^\circ\text{C}$.

Габаритные размеры теплообменника приведены на рис. 6, характеристики теплообменника показаны на рис. 8.

При выборе типоразмера теплообменника изготовители рекомендуют вычислить удельную мощность теплоотдачи K_t ($\text{кВт/}^\circ\text{C}$), если известны потери мощности, переходящие в тепло (Θ), и разность между температурой охлаждаемой жидкости ($T_{ж}$) на входе в теплообменник и температурой окружающего воздуха ($T_{в}$). Для этого необходимо подставить в приведенную ниже формулу среднее значение мощности

теплового потока $\Theta=10,15$ кВт, разность температур ΔT и вычисляем удельный коэффициент теплопередачи от теплообменника в окружающую среду:

$$K_t = \frac{\theta}{\Delta T} = \frac{10,15}{(70 - 30)} = 0,253 \text{ кВт/}^\circ \text{С.}$$

По диаграмме зависимости удельного коэффициента теплопередачи от расхода РЖ выбираем теплообменник НРА12 с порядковым номером 241256 с приводом вентилятора от гидромотора с частотой вращения 1500 об/мин.

Конечной целью расчёта является определение необходимости применения теплообменника, выбор оптимального типоразмера и исполнения из номенклатуры серийно изготавливаемых и поставляемых на российский рынок, которые приведены в табл.1.

Воздушно-масляные теплообменники создают стабильный тепловой режим, они существенно повышают эффективность применения гидропривода за счет повышения общего КПД и, соответственно, уменьшения расхода топлива двигателями внутреннего сгорания.