

Е.Г.Хорхордин

ВОДОМЕТЫ на базе подвесных подочных моторов

СПРАВОЧНИК

rutracker.org
переводчик для толпы

expert22 для <http://rutracker.org>



Р
Серия ОХОТНИК
РЫБОЛОВ

Московское Общество Охотников и Рыболовов



Е.Г.Хорхордин

Серия ОХОТНИК
РЫБОЛОВ

ВОДОМЕТЫ НА БАЗЕ ПОДВЕСНЫХ ЛОДОЧНЫХ МОТОРОВ

*Конструкции водометов
для самостоятельного изготовления*

СПРАВОЧНИК

expert22 для <http://rutracker.org>



ДАИРС

Издательский Дом Рученькиных

МОСКВА

2003

Хорхордин Е.Г. Водометы на базе подвесных лодочных моторов. Справочник. — М.: «Издательский Дом Рученькиных», 2003. — 128 с.

В пособии приведены сведения по устройству и самостоятельному изготовлению водометных движителей и установок, на которых в качестве двигателей применены силовые головки подвесных лодочных моторов. В книгу включен также материал, посвященный водометам с другими двигателями небольшой мощности. Рассмотренные конструкции предназначены для глиссирующих мотолодок и катеров. Описания основных технологических приемов изготовления деталей и узлов водометов дополнены необходимыми чертежами и схемами. Приводятся методики расчетов основных параметров водометов.

© Хорхордин Е.Г., 2003

© ДАИРС, 2003

© МООНР, 2003

© Серия «ОХОТНИК. РЫБОЛОВ» — ООО «ДАИРС»

© «Издательский Дом Рученькиных», 2003

Содержание

1. Общее устройство и типы водометов	5
2. Рекомендации по расчету элементов водомета	11
2.1. Рабочее колесо (ротор)	11
2.2. Сопло и спрямляющий аппарат	19
3. Метод расчета оптимального водометного движителя	27
4. Конструкции стационарных водометов	43
4.1. Водомет на базе моторов «Стрела»	43
4.2. Водомет для катера «Мурена»	44
4.3. Водометная установка «Буран»	69
4.4. Необычные стационарные водометы	73
5. Подвесные водометные моторы	76
5.1. Плюсы и минусы подвесных водометов	76
5.2. Водомет «Ветер»	81
5.3. Водометы на базе мотора «Ветерок-12»	85
5.8. Водомет на базе малоомощных устаревших моделей ПМ	103
5.5. Водометы для легких лодок	107
5.6. Водометный мотор-весло «Мешера»	114
5.7. Водомет из «Салюга»	121
Литература	127

Предисловие

Интерес, проявляемый судостроителями-любителями к водометным катерам, не случаен. Такие суда обладают ощутимыми преимуществами перед катерами, снабженными приводом на винт, или мотолодками с подвесными моторами.

Прежде всего, это лучшие кавитационные характеристики водомета, у которого явление кавитации начинает проявляться при более высокой скорости обтекания лопастей ротора, чем это происходит в случае гребного винта. Благодаря отсутствию выступающих частей — кронштейнов, рулей, гребных валов — водометная установка вызывает меньшее сопротивление воды движению судна.

Реверсивно-рулевое устройство (РРУ) обеспечивает катеру хорошую управляемость на различных скоростях, высокие маневренные качества и эффективный реверс.

В отличие от винтовых катеров, управляемость которых зависит от поступательной скорости движения (чем выше скорость, тем лучше катер слушается руля, но возрастает радиус циркуляции), боковое усилие водометной струи, поворачивающей катер, может быть максимальным на любой скорости или вообще без хода. Водомет также позволяет с ходу преодолевать небольшие перешейки, заросшие травой или мелким кустарником, что, конечно, недопустимо с винтовой установкой.

Водометные двигатели работают с пониженным уровнем шума и не вызывают сильной вибрации корпуса, обеспечивают хорошую экономичность эксплуатации судна.

Цель настоящей книги — ознакомить читателей с наиболее удачными конструкциями водометов, пригодных для самостоятельной постройки. Все водометы, упомянутые в книге, эксплуатировались в течение многих навигаций и отличаются высокой надежностью.

При составлении пособия широко использованы материалы журнала «Катера и яхты» разных лет выпуска.

1. Общее устройство и типы водометов

Идея создания водометного движителя появилась значительно раньше, чем был изобретен гребной винт. Еще в 1784 г. Джемс Рамсен продемонстрировал на реке Потомак первый пароход с водометным движителем. Известны также результаты испытаний, которые в 1867 г. проводил военно-морской флот Англии. На канонерской лодке длиной 50 метров, оснащенной центробежным водометом была установлена паровая машина мощностью 760 л.с. Этот двигатель при частоте вращения 40 об/мин приводил в действие насос, ротор которого имел диаметр около 4,25 м. Канонерка с такой установкой развивала скорость 17,2 км/час.

После этого были проведены многочисленные исследования и натурные испытания разнообразных конструкций водометов. Последним решением, имеющим принципиальное значение в этой области, пожалуй, оказалась идея Гамильтона, который в 1953 г. поднял сопло своего центробежного водомета над водой и таким образом получил значительный прирост скорости (с 18 до 27 км/час на его катере).

Водометный движитель действует аналогично гребному винту: вода засасывается спереди, лопатки насоса, подобно лопастям винта, придают ей ускорение, после чего вода выталкивается за корму. Любой такой движитель состоит, как правило, из насоса (винта) с валом, водометной трубы (водовода), спрямляющего аппарата (контрпропеллера) и реверсивно-рулевого устройства. При вращении насоса на засасывающей стороне его лопастей, как и гребного винта, возникает разрежение, благодаря которому вода по приемной трубе (водозаборнику) поднимается к колесу насоса. Здесь, получив некоторое ускорение, вода выбрасывается через сопло, выходное сечение которого несколько меньше, чем диаметр трубы насоса.

Применение водометных движителей на скоростных судах, как известно, сопряжено с определенными сложностями. Большое значение имеет, например, то обстоятельство, что не все, даже важнейшие элементы водомета, могли быть определены расчетом: чуть ли не в каждом случае — для каждого конкретного сочетания корпуса и силовой установки — требовалось проводить обширные эксперименты, варьируя различными параметрами движителя (диаметр и шаг ротора, сужение сопла, форма входного отверстия и сопла и т. п.).

Оказалось, что существуют свои тонкости и в выборе обводов корпуса. При установке под днищем обычного гребного винта линия действия его упора чаще всего проходит ниже центра тяжести катера; под действием этой силы судно приобретает кодовой дифферент на корму, благодаря чему соответственно уменьшается смоченная поверхность корпуса на ходу.

Водометный же движитель располагается внутри корпуса — над днищем катера, поэтому данный эффект если не исчезает, то существенно уменьшается. Таким образом, катер, рассчитанный на движение при помощи гребного винта, при установке водомета идет с меньшим ходовым дифферентом и имеет большую смоченную поверхность корпуса, следствием чего является известная потеря скорости. Кроме того, корпуса с сильно заостренной носовой оконечностью и большой «закруткой» (изменением угла килеватости по длине глиссирующей части днища) при установке водомета оказываются неустойчивыми на курсе, плохо управляются на поворотах. Выяснилось, что на водометных катерах недопустимы подпорные клинья или оггибы днища вниз у транца.

В силу неразрывности потока для прохода той же массы воды через меньшее сечение за одинаковое время скорость потока увеличивается, чем и создается упор движителя.

За рабочим колесом водометного движителя располагается напорный канал — сопло, формирующее струю для обеспечения тяги. Площадь на срезе сопла меньше, чем на входе в него, поскольку рабочее колесо создает повышенное давление, которое необходимо преобразовать в кинетическую энергию выбрасываемой струи, т. е. обеспечить приращение скорости. Сопло может быть сделано либо с внешним поджатием — в этом случае в конце проточной части предусматривается сужение наружного трубопровода, либо с внутренним поджатием, которое осуществляется расширением центрального тела, являющегося продолжением ступицы спрямляющего аппарата.

При выборе формы и геометрических элементов выходного сопла стремятся обеспечить плавный отвод жидкости от насоса, необходимое гидравлическое сечение, т.е. площадь выходного отверстия, максимально возможную устойчивость и минимальные гидравлические потери. Для сокращения длины движителя в некоторых конструкциях совмещают сопло со спрямляющим аппаратом рабочего колеса. Такая компоновка позволяет уменьшить диффузорность потока и снизить гидравлические потери.

У водометных движителей в отличие от гребных винтов нельзя изменять направление силы упора путем изменения направления вращения рабочего колеса. Поэтому эти движители оборудуются специальными реверсивными устройствами, отклоняющими реактивную струю на $\sim 180^\circ$, что приводит к изменению направления действия силы реакции струи, а значит, и направления тяги движителя. Поскольку эти устройства используются также и для управления катером, их обычно называют реверсивно-рулевыми.

Конструктивно осевые насосы могут быть выполнены по одноступенчатой или многоступенчатой схемам (рис. 1).

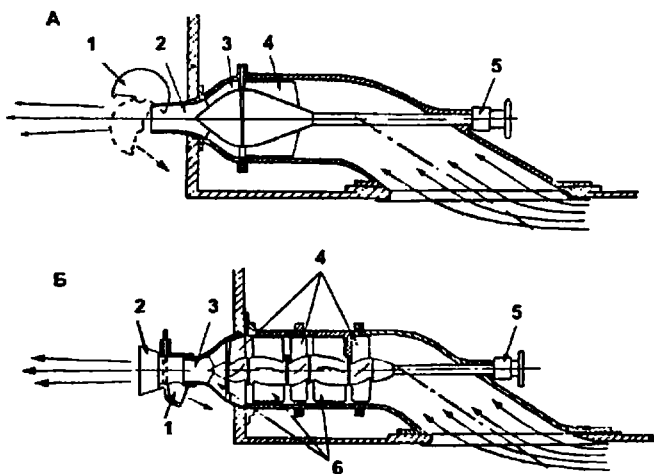


Рис. 1. А — Одноступенчатый осевой насос.

1 — сопло реверса; 2 — сопло; 3 — спрямляющий аппарат;
4 — рабочее колесо; 5 — привод.

Б — Трехступенчатый осевой насос. 1 — сопло реверса; 2 — заслонка управления; 3 — сопло; 4 — три рабочих колеса; 5 — привод;
6 — направляющие аппараты.

Существуют также водометы с так называемым диагональным насосом (Рис. 2).

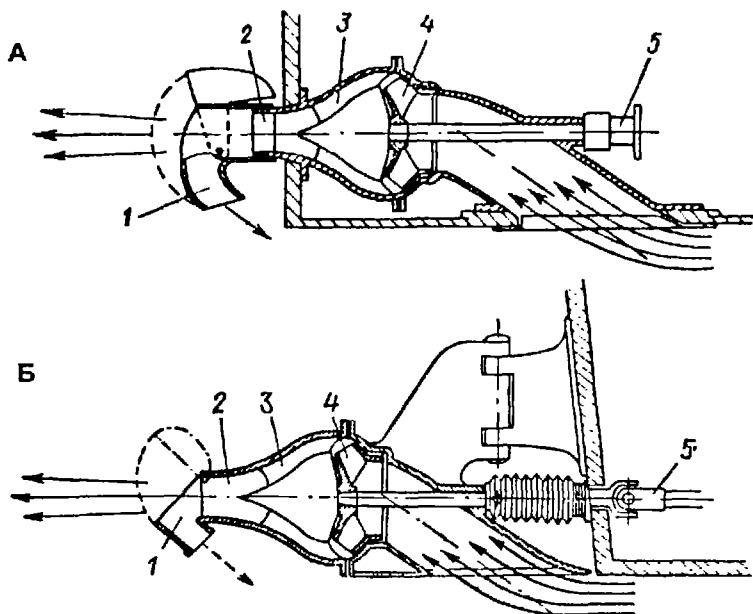


Рис. 2. А — Диагональный насос (США).

Устанавливается на патрубках катерах.

1 — сопло реверса; 2 — сопло; 3 — спрямляющий аппарат; 4 — рабочее колесо; 5 — привод.

Б — Поворотный водомет с диагональным насосом, устроенный за транцем катера.

1 — сопло реверса; 2 — сопло; 3 — спрямляющий аппарат; 4 — рабочее колесо; 5 — привод.

Полемика о целесообразности применения водометных двигателей на катерах и моторолдках продолжается не один десяток лет. Например, в нашей стране, начиная еще с 60-х годов, когда появились первые проекты отечественных подвесных водометных моторов, конструкторы и производственники не приходят к общему мнению по этому вопросу.

Поскольку тема весьма актуальна и по сей день (приверженцев той и другой точки зрения всегда было достаточно), стоит несколько подробнее остановиться на аргументах сторон.

Излишне говорить, что к сторонникам промышленного производства водометов в основном относятся те водномоторники, которые вынуждены часто преодолевать перекаты, мели, заросшие травой участки водоемов. Действительно, мелких, порожистых, засоренных молевым сплавом леса рек и речушек у нас великое множество. Количество их постоянно возрастает в связи с прогрессирующим обмелением. Использовать в этих условиях самую удобную и доступную силовую установку — подвесной мотор — в большинстве случаев невозможно. На помощь может прийти только водомет, который незаменим на таких маршрутах.

Наряду с известными преимуществами водометов (небольшая осадка судна, отсутствие выступающих за габариты днища частей) им присущи и определенные недостатки. Среди них основными являются значительные потери мощности на трение воды о стенки водовода, в направляющих аппаратах и в решетке всасывания. Кроме того, следует учитывать, что в насос даже на самых высоких скоростях должна поступать вода, а не смесь воды с воздухом. Если днище лодки слишком плоское или имеет обратную килеватость, как, например, у саней Фокса, то воздух засасывается довольно легко. При наличии пузырей воздуха в воде упор водомета резко снижается.

Следует также учитывать и своеобразное поведение катера с водометом на малом и среднем ходу. Увеличение и снижение скорости катера с обычным гребным винтом происходит почти пропорционально частоте вращения двигателя. Совсем по-другому ведет себя водометный движитель. Высокая скорость выброса струи достигается благодаря создаваемому в насосе давлению, а также правильно подобранному диаметру выходного сопла. Чтобы струя вызвала наибольший реактивный эффект, вся установка, состоящая из двигателя, насоса и выпускного сопла, должна быть рассчитана на максимальные мощность и частоту вращения двигателя. Как только частота вращения снижается, и катер теряет скорость, давление в системе начинает прогрессивно уменьшаться, так как диаметр сопла отрегулирован на максимальную частоту вращения. В результате скорость снижается в значительно большей степени, чем частота вращения двигателя. Другими словами, на водомете очень трудно (а порой и невозможно) получить промежуточные величины скоростей. Например, при плавном увеличении оборотов катер вначале будет идти со скоростью 15 км/час, а в какой-то момент резким скачком

повысит скорость до 50 км/час. Это может происходить даже при очень незначительном повышении оборотов. Такая же картина может наблюдаться и при снижении оборотов двигателя.

Для наглядности можно сравнить режимы работы винтовой и водометной установок при разных скоростях движения. Например, при 4000 об/мин 2 лодки, оборудованные гребным винтом и водометом, имеют скорость около 60 км/час, при снижении частоты вращения до 2000 об/мин скорость лодки с гребным винтом равна 27 км/час, а с водометным движителем — лишь 14 км/час. Такую особенность отражает ступенчатая форма диаграммы зависимости скорости катера от частоты вращения, характерная для водометов (рис. 3).

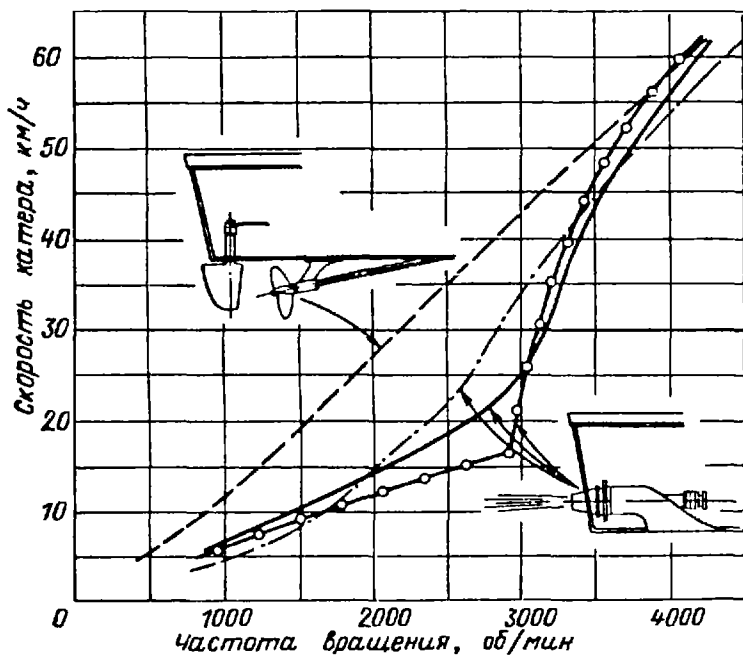


Рис. 3. Диаграмма зависимости скорости катера с водометным движителем и гребным винтом от частоты вращения двигателя (по Баадеру, 1976).

2. Рекомендации по расчету элементов водомета

При подборе той или иной водометной установки к катеру нужно также обеспечить определенное соотношение между полной массой катера и мощностью двигателя. Общие рекомендации здесь сводятся к следующему.

Максимальный вес малого быстроходного катера длиной 4-6 метров в расчете на каждую лошадиную силу мощности двигателя не должен превышать 12 - 16 кг. Для катера длиной 6-9 метров этот показатель составляет не более 9 кг. Высокие скорости и хороший КПД достигаются в том случае, когда «удельный» вес катера составляет не более 5-7 кг/л.с.

Большинство конструкций осевых насосов подходит к обычным высокооборотным двигателям, частота вращения которых составляет 3500-4500 об/мин. Они устанавливаются на малые быстроходные лодки, но непригодны для довольно больших туристских катеров.

Ниже приводятся основные рекомендации по проектированию и изготовлению элементов водометного движителя для малых катеров.

2.1. Рабочее колесо (ротор)

Рабочее колесо водометного движителя в принципе работает как гребной винт, поэтому расчет его основных характеристик можно проводить методом эквивалентного винта по диаграммам для изолированных винтов, но с учетом специфических условий работы в трубе и взаимодействия с корпусом судна. Не вдаваясь в теоретическую часть, поясним использование широко распространенного метода А. Басина на примере расчета ра-

бочего колеса серийного водомета, выпускаемого с двигателем СМ-557-Л (рис. 4).

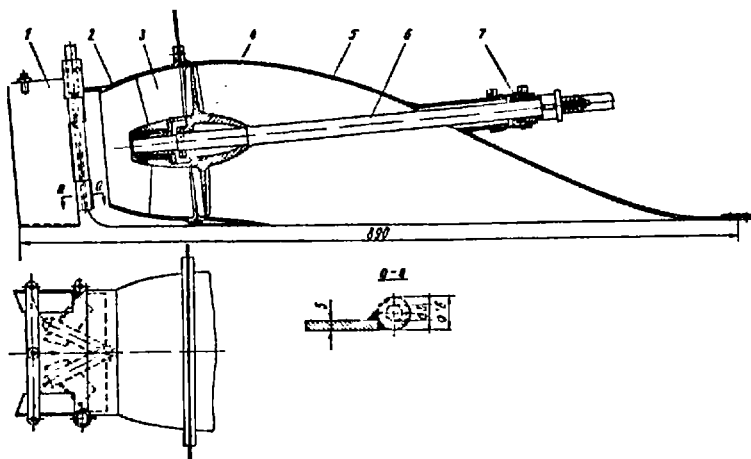


Рис. 4. Водометный движитель.

1 — реверсивно-рулевое устройство; 2 — сопло; 3 — спрямляющий аппарат; 4 — рабочее колесо (ротор); 5 — водометная труба; 6 — гребной вал; 7 — сальниковое уплотнение.

Исходные величины: мощность двигателя $N_e = 13,5$ л.с., число оборотов $n = 3500$ об/мин, или $n_e = 58,3$ об/сек, скорость хода лодки $v = 31$ км/час = $8,62$ м/сек, сопротивление корпуса при этой скорости $R_k = 52$ кг, с учетом 3-4% надбавки на сопротивление трубы водомета общее сопротивление $R = 54$ кг.

Скорость хода судна и сопротивление корпуса определяют любым из известных методов: расчетом по прототипу или, лучше всего, буксировкой корпуса за моторным судном. При наличии кривой сопротивления в зависимости от скорости хода расчет производят для нескольких значений скорости.

Если известна только скорость хода, то сопротивление определяют по формуле

$$R - P_c = 75N_e/\eta$$

КПД водометного движителя составляет $\eta = 0,35-0,5$ в зависимости от скорости. В первом приближении можно принять $\eta = 0,45$, тогда для нашего случая

$$P_c = 75 \cdot 13,5 \cdot 0,45 / 8,62 = 53 \text{ кг.}$$

Небольшое расхождение, практически не влияющее на точность расчета, возникает из-за приближенного значения η . В действительности для данного случая $\eta = 0,46$ и $P_c = 54$ кг. Коэффициент попутного потока ω можно принять около 0,08 (величина, характерная для большинства случаев).

Расчетная скорость:

$$v_p = v(1 - \omega) = 8,62 \cdot 0,92 = 7,93 \text{ м/сек.}$$

Диаметр рабочего колеса (в м) можно определить по известным данным моторных судов или по приближенной формуле М. Лаврентьева

$$D_p = (1,45/\sqrt{\eta_p}) \cdot \sqrt[4]{(P_c/\rho)}.$$

Где $\rho = 102 \text{ кг сек}^2/\text{м}^4$ - массовая плотность воды.

Подставляя имеющиеся значения, получим $D_p = 0,164 \text{ м.}$

Для того чтобы получить достаточный упор на малой скорости и сравнимые данные с прототипом, в дальнейших расчетах принимаем $D_p = 0,178 \text{ м.}$ Вычисляем коэффициент нагрузки движителя по полезной тяге

$$\sigma_c = 8 P_c / \rho v_p^2 \pi D^2 = 8 \cdot 54 / 102 \cdot 7,93^2 \cdot 3,14 \cdot 0,178^2 \approx 0,7$$

и коэффициент нагрузки движителя по упору

$$\sigma_k = 1,11 \sigma_c + 0,17 \{ \sqrt{(1+1,32 \sigma_c)} + 1 \} = 1,2$$

Коэффициент засасывания водометной трубы

$$1+t_u = \{1+1,32\sqrt{(1+1,32 \sigma_k)}\} / \{1,64+\sqrt{(1+1,32 \sigma_k)}\} = 0,96.$$

Относительная расчетная скорость эквивалентного винта

$$\gamma_p = v_p' / v_p = \{ \sqrt{(1+1,32 \sigma_k)} - 1 \} / 2 + \{ \sqrt{(1+1,32 \sigma_k)} - 1 \} / 2,64(1+t_u) = 0,54.$$

Расчетная скорость эквивалентного винта

$$v_p' = \gamma_p \cdot v_p = 0,54 \cdot 7,93 = 4,3 \text{ м/сек.}$$

Относительная поступь винта

$$\lambda_p = v_p / n_s D_s = 4,3 / 58,3 \cdot 0,178 = 0,41.$$

Коэффициент нагрузки рабочего колеса (винта) по упору

$$\sigma_p = \sigma_k / (1 + t_n) \lambda_p^2 = 1,2 / 0,96 \cdot 0,54^2 = 4,3.$$

По подсчитанным значениям σ_p и λ_p на рис. определяем поправку на уменьшение концевых потерь при работе винта в трубе (рис. 5А).

Поскольку в нашем случае $\sigma_p = 4,3 > 2$, то пользуемся штриховыми линиями

$$\delta \sigma_p = 3,83,$$

где δ — число кавитации, которое для мотолодок с достаточной точностью определяют по формуле

$$\delta = 206 / v_p^2$$

Вычисляем коэффициент упора рабочего колеса (винта)

$$k_1 = 0,393(\delta \sigma_p) \lambda_p^2 = 0,393 \cdot 3,83 \cdot 0,41^2 = 0,25.$$

Полученные значения относительной поступи $\lambda_p = 0,41$ и коэффициента упора $k_1 = 0,25$ позволяют воспользоваться диаграммой работы винта в свободной воде. Поскольку дисковое отношение рабочих колес водомета чаще всего находится в пределах 0,6-0,8, на рис. 5Б приведена диаграмма для $z = 4$ (число лопастей) и $\theta = 0,7$ (дисковое отношение). По этой диаграмме при $\lambda_p = 0,41$ и $k_1 = 0,25$ получаем

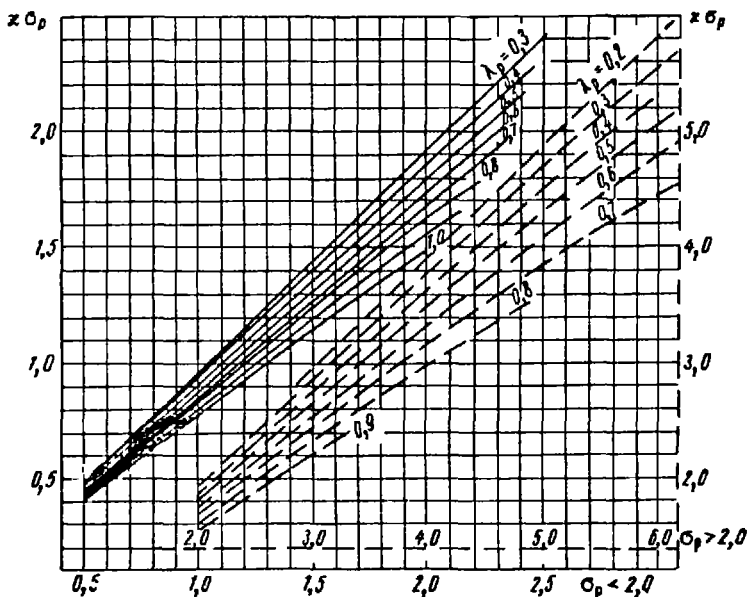
$$(H/D)' = 0,88, \quad \eta = 0,46.$$

Действительное шаговое отношение

$$H/D = 0,94(H/D)' = 0,825$$

Данное значение H/D относится, строго говоря, к диаметру,

А



Б

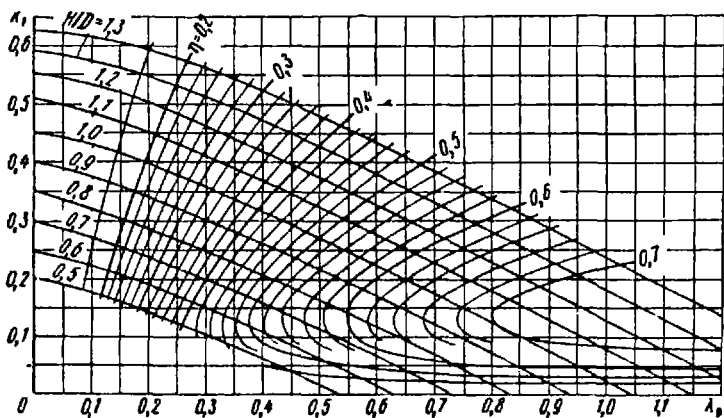


Рис. 5. А - Поправка на уменьшение концевых потерь при работе винта в трубе. Б - Диаграмма для расчета гребных винтов при $z = 4$ и $\theta = 0,7$.

определенному по расчету - $D_p = 0,164$ м. В таком случае шаг колеса равен

$$H = (H/D) \cdot D_p = 0,825 \cdot 0,164 = 0,135 \text{ м.}$$

Сравнивая с шагом колеса, принятым в проекте $H = 130$ мм, видим, что расхождение находится в пределах точности расчета.

Для полученных элементов мощность, подведенная к винту,

$$N_p = 0,534 D^2 \sigma_p (v_p)^3 / \eta = 12,5 \text{ л.с.}$$

Располагаемая мощность на винте при КПД валопровода $\eta_{\text{мех}} = 0,97$ равна

$$N_p = 0,97 \cdot 12,5 = 12,125 \text{ л.с.}$$

Таким образом, полученные элементы рабочего колеса:

$$D = 0,178 \text{ м, } H = 0,135 \text{ м, } z = 4, \eta = 0,46$$

обеспечивают выполнение задания, а небольшой запас мощности в 0,5 л.с. компенсирует возможные неточности расчета. Если необходимая мощность на винте будет значительно отличаться от полученной, то расчет следует повторить для другого значения скорости, определяемой по формуле

$$v_2 = v_1 \sqrt{(N_p / N_{p1})}$$

В настоящее время разработано и проверено на практике несколько конструкций водометных движителей для различных сочетаний мощности и скорости. Данные по этим водометам могут быть использованы как для проверки результатов расчета по любой методике, так и в качестве прототипа при проектировании нового движителя. В последнем случае общие параметры моторного судна можно определить любым доступным методом. Однако расчет элементов движителя по известным формулам подобия не всегда возможен, так как эти формулы учитывают, как правило, изменение только одного параметра, в то время как практически изменяются все исходные данные — мощность, число оборотов, скорость.

В таких случаях можно пользоваться приведенными ниже формулами, которые были получены на основании известных зависимостей для определения диаметра и шага гребного винта.

Если обозначить все данные мотолодки-прототипа с индексом «О», то для проектируемого судна определяют:

$$\text{диаметр рабочего колеса } D = D_0 \sqrt{(n_0/n)} \cdot \sqrt[4]{(Nv_0/N_0v)};$$

$$\text{шаг рабочего колеса } H = H_0 (\sqrt{n_0/n}).$$

Поясним методику использования этих формул на примере. Принимая в качестве прототипа водометный движитель, представленный на рис. 4, определим элементы движителя для катера со скоростью хода $v = 50$ км/час, двигателем мощностью 52 л.с. с числом оборотов 3600 об/мин:

$$\begin{aligned} & \text{диаметр рабочего колеса} \\ D &= 0,178 \sqrt{(3500/3600)} \cdot \sqrt[4]{(52 \cdot 31 / 13,5 \cdot 50)} = 0,218 \text{ м}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{шаг рабочего колеса} \\ H &= 0,130 (50 \cdot 3600 / 31 \cdot 3500) = 0,215 \text{ м}. \end{aligned}$$

Реальные величины, принятые для данного катера (мотолодка «Кама», оборудованная двигателем «М-20» мощностью 52 л.с.), равны $D = 0,218$; $H = 0,210$ м, т.е. описанный метод пересчета обеспечивает вполне удовлетворительную точность.

Дисковое отношение рабочего колеса водометного движителя выбирается, в основном, исходя из условий прочности и максимального упора на швартовах, равного 6-8,5 кг/л.с. При обычно принимаемом числе лопастей $z = 4$ и рекомендуемой ниже относительной толщине их профиля дисковое отношение составляет 0,6-0,8, причем большие значения относятся к более нагруженным движителям.

В целях минимизации концевых потерь вследствие перетекания воды через край лопастей и для предотвращения кавитации зазор между краем лопасти и водометной трубой должен быть минимальным (не более 0,5-1,0 мм) по всему периметру края лопасти. Этому условию в наибольшей степени удовлетворяют лопасти в виде симметричного сектора с обработанным по радиусу краем. Таковую форму чаще всего и применяют для лопастей рабочего колеса водомета.

Многочисленные теоретические исследования и практика показали, что лучший профиль сечений лопасти — сегментный, в котором максимальная толщина расположена посередине (рис. 6).



Рис. 6. Сегментное сечение лопасти.

Относительную толщину профиля (отношение толщины лопасти к ее ширине на данном радиусе) можно несколько уменьшить по сравнению с гребным винтом: от 0,06-0,08 у корневых сечении до 0,02-0,04 у крайних, в зависимости от материала. Ступица рабочего колеса для обеспечения необходимой скорости протекания воды развита больше, чем у обычных гребных винтов; ее относительный диаметр обычно составляет

$$d_{ст}/D = 0,30 - 0,45,$$

где меньшие значения относятся к более быстроходным судам. Форма ступицы должна обеспечить плавность перехода от гребного вала к ступице и далее к втулке подшипника и обтекателю (при его наличии).

В качестве примера на рис. 7 приведен чертеж рабочего колеса водометного движителя, показанного на рис. 4.

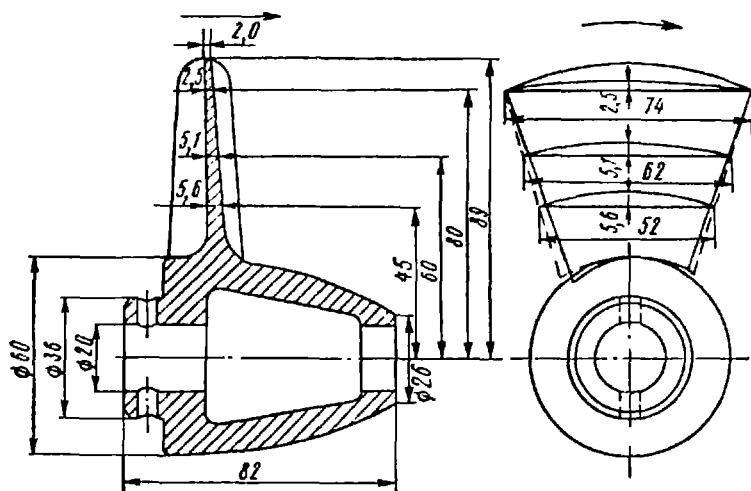


Рис. 7 Рабочее колесо водометного движителя.

$D = 0,178$ м; $H = 0,130$ м; $H/D = 0,73$; $\theta = 0,6$; $z = 4$.

Крепление колеса на валу в данном случае осуществляется сквозным штифтом $\varnothing 6$ мм (для более мощных двигателей применяется шпонка).

В целях упрощения конструкции колеса переднюю часть его ступицы можно сделать в виде отдельного легкого обтекателя, однако в этом случае на гребном валу должен быть выполнен буртик у носового конца ступицы для восприятия упора рабочего колеса.

Материалы и способы изготовления рабочих колес водометных движителей такие же, как и гребных винтов. Следует только учитывать, что в данном случае необходима более высокая точность изготовления, особенно это касается диаметра колеса.

2.2. Сопло и спрямляющий аппарат

Рабочее колесо водометного движителя одновременно с полезной работой по перемещению массы воды закручивает поток в направлении своего вращения. На это бесполезно тратится часть мощности двигателя. Кроме того, если через сопло выбрасывается закрученный поток, то это ведет к разбросу струи, что отрицательно сказывается на эффективности движителя. Спрявление потока для повышения КПД водометного движителя производится в спрямляющем аппарате, состоящем из ступицы и нескольких радиально расположенных лопастей. Обычно число их принимают на 1-2 лопасти больше, чем число лопастей рабочего колеса при примерно одинаковой ширине.

Расстояние между лопастями спрямляющего аппарата и лопастями рабочего колеса (вдоль оси) рекомендуется принимать $\sim 0,05D$. Уменьшение этого расстояния может привести к заклиниванию ротора попадающими в движитель мелкими предметами (галькой, щепой и т.п.), а увеличение снижает эффективность спрямляющего аппарата.

Лопasti спрямляющего аппарата изгибают таким образом, чтобы их передние кромки были загнуты против вращения рабочего колеса, а задние расположены вдоль оси водометной трубы. Угол изгиба лопастей лучше всего определять экспериментально, принимая в первом приближении угол отгиба передних кромок $30-40^\circ$, или по данным подходящего прототипа, например, приведенного на рис. 8.

Сопло, как уже отмечалось, служит для создания компактной струи выбрасываемой воды и увеличения ее скорости. С этой целью сопло сужают к кормовой части. Это сужение можно делать коническим, однако меньшие потери мощности, а, следовательно, более высокая эффективность, характерны для сопел с криволинейными образующими и небольшим цилиндрическим участком на конце, как это показано на рис. 8. Образующие рекомендуется строить, сопрягая два радиуса, проведенные из плоскостей носового и кормового торцов сопла; радиусы равны $R = (0,8 - 1,0)d$, где $d = d_n$ или d_k — диаметр носового или кормового отверстия сопла соответственно.

Теоретически и экспериментально установлено, что скорость струи на выходе из сопла должна составлять 1,6–1,8 скорости в диске рабочего колеса. Отсюда следует, что относительное поджатие сопла, т.е. отношение площади его выходного сечения S_c к площади живого сечения рабочего колеса, которая равна

$$S_k = \pi/4(D_k^2 - d_{cr}^2),$$

должно быть в пределах

$$S_c/S_k = 0,55 - 0,62.$$

Поджатие струи на выходе из сопла несколько подтормаживает воду в диске рабочего колеса, увеличивая нагрузку движителя, поэтому площадь выходного сечения сопла служит для регулировки нагрузки движителя и, соответственно, двигателя (подобно шаговому отношению гребных винтов). Так, если двигатель не развивает нормального числа оборотов, необходимо облегчить движитель, увеличив выходное отверстие сопла и, наоборот, если число оборотов двигателя больше нормального, то выходное отверстие следует уменьшить. Такое согласование работы двигателя и движителя неизбежно, поэтому рекомендуется конструкция сопла со съёмными кольцами (нижняя половина рис.8). Имея в запасе 3–4 кольца, внутренние диаметры которых отличаются на 4–5 мм один от другого (один меньше, другие больше расчетного диаметра), всегда можно подобрать оптимальное выходное сечение сопла для данных условий загрузки.

Материал и способ изготовления сопла зависят от возможностей строителя. Сопло можно изготовить литьем из алюминиевых сплавов, сварным из нержавеющей или углеродистой стали, алю-

миниевых сплавов и т.п. Толщина стенок при этом составляет 3-5 мм. Доступнее изготовление сопла, выклеиваемого на деревянном отшлифованном болване из стеклоткани на эпоксидной смоле; Толщина стенок такого сопла равна 8-10 мм. Одновременно выклеивают фланцы сопла — для крепления к водометной трубе и транцу моторного судна и для крепления к соплу реверсивно-рулевого устройства. При изготовлении болвана сопла следует предусмотреть соответствующие утолщения для образования гнезд под съемные кольца и кольцо спрямляющего аппарата.

При любом варианте изготовления внутреннюю поверхность сопла следует тщательно обработать и отшлифовать; сопряжения поверхностей должны быть плавными.

Водометная труба служит для забора воды и подвода ее к рабочему колесу. Как уже отмечалось, затраты мощности в водометной трубе на подъем воды выше ватерлинии и на преодоление трения о стенки трубы довольно значительные. С целью уменьшения этих потерь следует внимательно относиться к выбору размеров и формы трубы водомета, а также тщательно изготавливать ее. Стремление уменьшить потери за счет сокращения размеров трубы привело к тому, что была создана типовая конструкция для нескольких моделей. Пример такой конструкции — труба водометного движителя (см. рис. 4), теоретический чертеж которой приведен на рис. 9.

Обычно со стороны транца эта труба круглого сечения, а у дна она переходит в раструб овальной формы.

Диаметр водометной трубы в месте установки рабочего колеса D_7 определяется диаметром последнего с учетом необходимого зазора. Высота подъема оси трубы над ОЛ — h_0 — определяется компоновкой всего комплекса с учетом размещения двигателя в корпусе и всех деталей движителя. Для уменьшения затрат мощности на подъем воды эту высоту следует выбирать минимальной. У различных моторных судов эта высота составляет

$$h_0 = (1,1 - 1,3) D_7/2.$$

Наклон оси трубы или оси вала в корму рекомендуется предусматривать не более 5° .

Для обеспечения плавного подтока воды к движителю входное сечение водометной трубы обычно выполняют овальной формы с соотношением сторон $l_{вх}/b_{вх} = 3 - 5$, при этом ширину входно-

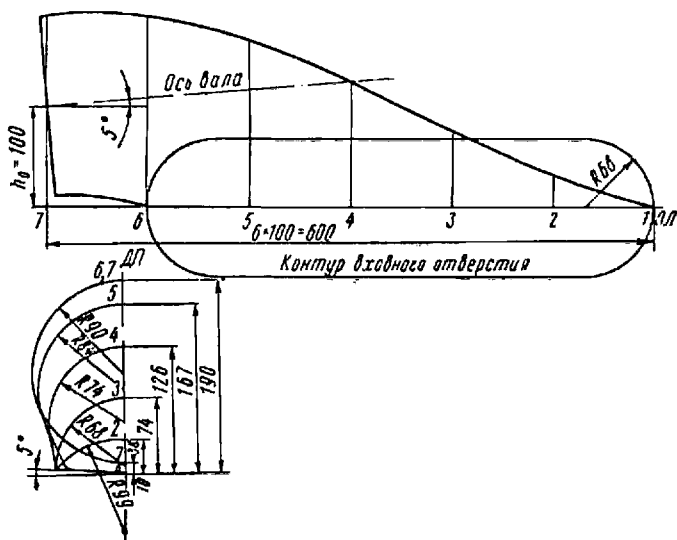


Рис. 9. Теоретический чертёж водометной трубы.

го отверстия $b_{вх}$ или принимают равной диаметру трубы D_r , или уменьшают до $b_{вх} \approx 0,75D_r$. Назначая размеры водозаборного отверстия, необходимо соблюдать следующее условие: угол передней стенки трубы $b_{вх}$ не должен превышать $30-35^\circ$ (во избежание завихрения потока).

Общую длину водометной трубы l_r для уменьшения потерь на трение следует по возможности сокращать, однако до определенного предела, так как при недостаточной длине трубы может происходить срыв потока, нарушающий устойчивость работы движителя. С учетом сказанного длину водометной трубы рекомендуется принимать равной

$$l_r = (3 - 4) D_r.$$

При плавании по засоренному фарватеру на входное отверстие устанавливают защитную решетку из продольных полос, приваренных к нижнему фланцу водозаборника. Полосы делают из стали толщиной 3-4 мм или алюминиевых сплавов толщиной 4-5 мм, расстояние между полосами 25-40 мм. Для уменьшения вредного влияния защитной решетки на поток воды нижние кромки полос закругляют, а верхние заостряют.

Следует отметить, что при проходе через заросшие участки водоемов защитная решетка неизбежно забивается травой, для очистки которой необходимы остановка моторного судна и «легководолазные» работы. Это один из недостатков водометного движителя, но с ним, к сожалению, приходится мириться.

Водометную трубу в любительских условиях можно изготовить сварной из алюминий-магниевого сплава толщиной 2-3 мм, из нержавеющей (1,5-2 мм) или углеродистой стали (2-2,5 мм), а также выклеить из стеклоткани на эпоксидной смоле (толщина стенок 5-6 мм).

При сварном варианте по теоретическому чертежу трубы изготавливают деревянный болван, на котором выколачивают две половины раструба. Внутреннее отверстие нижнего фланца вырезают по форме входного отверстия водозаборника. Фланец изгибают по килеватости днища. К транцевому фланцу приваривают кольцо трубы, внутренний диаметр которой D_7 , а длина равна длине цилиндрической части водометной трубы (как правило, 20-50 мм), после чего производят проточку их по заданным размерам. Следует предусмотреть центрирующую заточку на фланце для соединения с соплом и транцем. При сборке изготовленных деталей под сварку необходимо выдерживать заданный угол наклона гребного вала. Патрубок для деидвудного подшипника выставляют по струне, натянутой через центр транцевого фланца по оси валопровода через предварительно вырезанное небольшое отверстие в трубе.

Внутренние поверхности окончательно сваренной водометной трубы, особенно сварные швы, должны быть тщательно зачищены и отшлифованы. После установки водометной трубы на место и закрепления фланцев на днище и транце разрезанные флор-тимберы следует прикрепить к трубе, для чего на ней предусматривают соответствующие планки.

Площадку под корпус упорного подшипника и детали крепления блоков рулевого управления и реверса лучше приваривать по месту после укладки вала и разметки схемы управления.

Для выклейки водометной трубы из стеклопластика предварительно изготавливают болван, по конфигурации точно соответствующий внутреннему очертанию трубы. Основа его — фанерные шаблоны нескольких сечений, вырезанные по разметке с теоретического чертежа. Шаблоны скрепляют при помощи обрезков де-

рева и фальшвала, пропущенного через них, а промежутки заполняют обрезками древесины, поропластом и т.п. Окончательно поверхность болвана получают с помощью пластилина или парафина. На носовой конец фальшвала надевают предварительно изготовленный мегаллический корпус упорного подшипника, а на кормовом конце болвана закрепляют металлическую гильзу, которая должна расположиться в плоскости рабочего колеса водомета. Внутреннюю поверхность этой гильзы тщательно обрабатывают по размеру D_7 , а в наружной для лучшего сцепления со стеклопластиком протачивают небольшие кольцевые канавки (это относится и к корпусу упорного подшипника).

Подготовленный болван устанавливают и закрепляют в специальной оснастке, имитирующей кормовую часть моторного судна (днище и транец). В оснастке должны быть предусмотрены соответствующие углубления с ограничителями для образования фланцев водометной трубы. После сборки всей оснастки и проверки необходимых размеров приступают к выклейке трубы из стеклоткани на эпоксидной смоле (толщина стенок 5-6 мм) с местным утолщением в месте крепления упорного подшипника.

Реверсивно-рулевое устройство водометного движителя обеспечивает управляемость моторного судна путем соответствующего отклонения выбрасываемой струи воды. Изменяя направление выброса струи на обратное (при сохранении неизменным направления вращения рабочего колеса водомета), судну дают задний ход.

Величина упора на заднем ходу обычно составляет 0,3-0,4 упора на переднем ходу в швартовом режиме, достигая в лучших конструкциях 0,5.

Реверсивно-рулевым устройством могут быть поворотная насадка, заслонки, створки и пр. Наибольшее распространение, благодаря простоте устройства, получили створчатые конструкции. В данном случае лодкой управляют, отклоняя выходящую из сопла струю воды двумя связанными шарнирной тягой вертикально расположенными рулевыми пластинами, которые изогнуты снизу и шарнирно навешены на сопло. Для поворотов параллельно отклоняют рулевые пластины вправо или влево посредством баллера, жестко соединенного с одной из пластин. Задний ход обеспечивают, воздействуя тросовым приводом на шарнир тяги, рулевые пластины сближаются и направляют струю воды под корпус в сторону носа моторного судна.

При створчатой конструкции реверсивно-рулевого устройства на сопле водомета предусматривают специальные детали для образования канала заднего хода и навешивания рулевых пластин.

Сварной вариант подобного сопла показан на рис. 10.

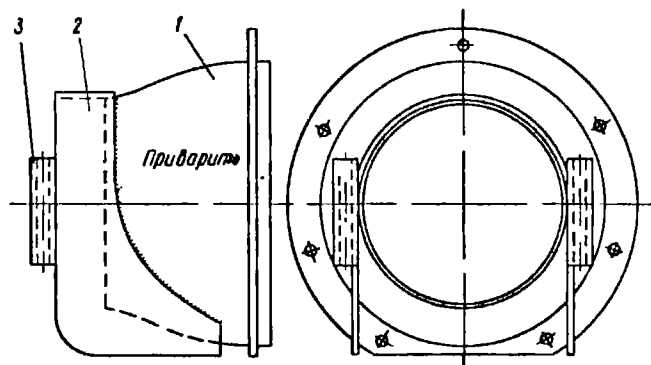


Рис. 10. Сварная реверсивная камера.

1 — сопло; 2 — лист камеры;

3 — петли для навешивания рулевых пластин.

В этом случае канал образует фигурная деталь 2, которую огибают по верхней половине выходного отверстия сопла и приваривают к нему. Деталь вырезают из листового материала (того же, что и материал сопла) по предварительно снятому шаблону. Радиус скругления нижнего кормового угла детали 2 должен соответствовать радиусу отгиба нижней части рулевых пластин. Для навешивания пластин к образующей канала приваривают петли 3.

Изложенная выше методика расчета водометного движителя предполагает наличие основных исходных параметров двигателя и катера или его прототипа. Однако эти исходные данные в полном объеме имеются далеко не всегда, и удачный расчет высокоэффективного водомета для быстроходной глиссирующей лодки становится трудновыполнимым. Намного упрощают задачу приводимые ниже графики и диаграммы, разработанные специально для подбора оптимальных параметров водомета и судна.

3. Метод расчета оптимального водометного движителя

Как правило, водометы быстроходных глиссирующих катеров выполняются одноступенчатыми. В этом случае оптимально спроектированное рабочее колесо работает в широком диапазоне скоростных режимов без возникновения кавитации лопастей. Поэтому характеристики водомета обычно определяются для условий установившегося глиссирования на полном ходу.

В ряде случаев, минуя сложные расчеты, легче подобрать лопастную систему водомета на базе экспериментально исследованных моделей типовых насосов и рабочих колес с известными геометрическими элементами. Однако при этом важно связать область оптимальных по КПД характеристик насоса с остальными параметрами водомета, исходя из заданной мощности N (л.с.) двигателя и частоты вращения n (об/сек) рабочего колеса. При таком подходе необходимо также учесть зависимость достижимой скорости хода от гидравлического сопротивления водозаборника и кавитационных качеств рабочего колеса.

Результаты модельных испытаний серий осевых насосов при различных шаговых отношениях H/D или углах поворота лопастей рабочего колеса обычно представляют в форме универсальных диаграмм, связывающих коэффициенты расхода K_Q и напора K_H с КПД насоса η_p , а также с критическим числом кавитации $d_{k,cr}$, при котором начинается срыв напорных характеристик.

На основе оптимизации КПД струи водомета получены следующие соотношения для потребных K_H и K_Q :

$$K_{H\text{ потр}} = \frac{\pi \rho (1 + \zeta_c)}{4g} \times \frac{V_o^4 (V_{1,отт} - 1)^2 V_{1,отт} V_s}{T n^2} \quad (1)$$

$$K_{Q \text{ потр}} = \sqrt{\rho(\pi/4)^3 \cdot V_0^2} \cdot \sqrt{\frac{V_s^2(V_{j \text{ опт}} - 1)}{\Gamma n^2}} = \frac{\pi V_0 \bar{V}_s}{4n\Gamma} \quad (2)$$

где $\rho = 102 \text{ кг} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$ и $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$ – массовая плотность воды и ускорение силы тяжести; Γ – полная тяга водомета, кгс; D – диаметр рабочего колеса, м:

$$V_0 = \frac{14}{\sqrt{(\delta_{s \text{ вт}} + 1) \bar{V}_s^2 - 1 + \zeta_0(\bar{V}_s)}} \quad (3)$$

- достижимая скорость движения катера, м/сек:

$$\bar{V}_s = \frac{V_s}{V_0} = \frac{4 K_Q n D}{\pi V_0} \quad (4)$$

- относительная скорость потока в водозаборнике перед рабочим колесом;

$$\bar{V}_{j \text{ опт}} = \frac{V_{j \text{ опт}}}{V_0} = 1 + \sqrt{\frac{\zeta_0(\bar{V}_s) + \zeta_0}{1 + \zeta_0}} \quad (5)$$

- оптимальное значение относительной скорости струи на срезе, где $\zeta_0(\bar{V}_s)$ – коэффициент гидравлических потерь в водозаборной части движителя; $\zeta_0 = 0,03$ – коэффициент потери напора внутри сопла.

Как уже упоминалось, на быстроходных глиссирующих катерах применяются водозаборники статического типа, входное отверстие которых расположено в плоскости днища (рис. 11).

На диаграмме (рис. 12) приведена экспериментальная кривая 1 минимальных значений ζ_0 для водозаборника указанного типа, полученная на основе натурных испытаний серии водозаборников с различными соотношениями геометрических элементов и построенная в зависимости от V_s .

Поскольку входное отверстие водозаборника обычно закрывается металлической решеткой из продольных полос, к величине $\zeta_0 \text{ мин}$ добавлена относительная потеря напора от установки такой решетки, т.е. суммарный ζ_0 соответствует кривой 2. В этом случае число полос в решетке рассчитывается по формуле

$$i_n = \frac{M b_{\text{вх}} t}{(1 + m)t} \quad (6)$$

где $b_{\text{вх}}$ – ширина входного отверстия водозаборника, мм; t – толщина полосы, мм; m – коэффициент, зависящий от поперечного профиля полосы: $m = 0,15$ для полос с закругленными

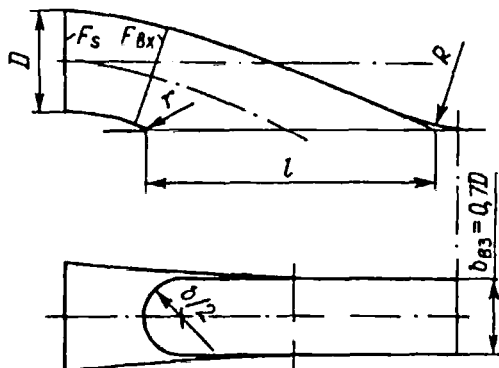


Рис. 11. Основные размеры днищевого водозаборника.

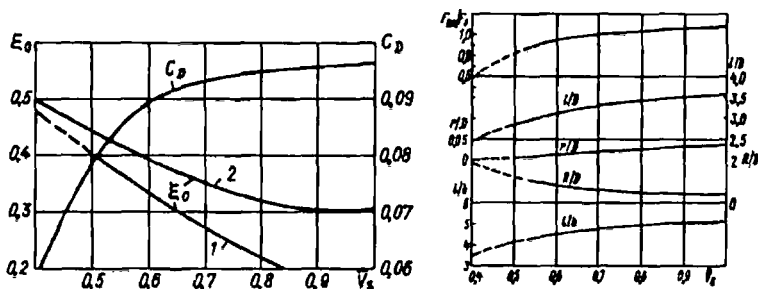


Рис. 12. Зависимости характеристик водозаборника от безразмерной скорости перед рабочим колесом.

по радиусу кромками; $m = 0,22$ для полос обтекаемого профиля. Ширина полосы обычно принимается не менее пяти ее толщин. Полученное i_n округляется до целой величины.

Оптимальные геометрические соотношения размеров водозаборника, обеспечивающие минимум ζ_0 при каждой V_s , приведены на рис. 11.

Формулы (1) и (2) в комплексе с (3) и кривой $\zeta_0(\bar{V}_s)$ на рис. 12 б позволяют при заданном $\delta_{\text{фр}}$, ограничивающем область оптимальных режимов выбранного насоса, рассчитать и построить диаграмму $Tn^2 - V_n$ в осях $K_{\text{н погр}}$ - $K_{\text{Q погр}}$. Совмещение таких диаграмм по осям $K_{\text{н}}$ и K_{Q} с универсальными диаграммами ряда типовых насосов позволяет оперативно оценить степень их пригодности в отношении достижимой скорости и развиваемой при этом тяги.

На рис. 13 показано совмещенные диаграммы $T\eta^2 - V_0$, рассчитанной для $\delta_{кр} = 3$, с расходно-напорными характеристиками серии четырехлопастных насосов (описание насосов можно найти в 3 и 5 списка литературы).

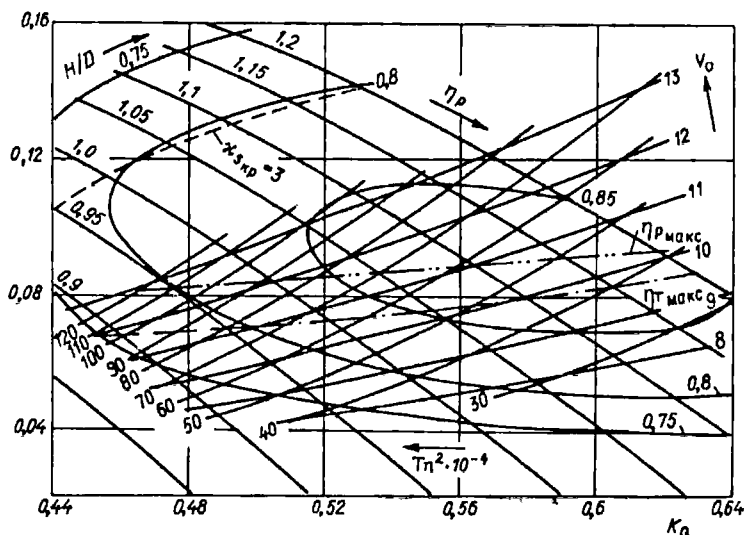


Рис. 13. Совмещение диаграмм располагаемых и потребных расходно-напорных характеристик для четырехлопастных насосов.

Для учета дополнительных энергетических потерь при использовании геометрически подобных насосов в составе водометов η_p последних снижен на 3%. Геометрические элементы рабочих колес и спрямляющих аппаратов указанных насосов приведены на рис. 14 и 15.

Снимая далее соответствующие значения $T\eta^2$, V_0 и η_p на каждой линии H/D , можно построить зависимости параметра $T\eta^2$ и КПД полной тяги η_i от V_0 (см рис. 16 и 17).

Вычисление η_i производится по формуле

$$\eta_i = T V_0 / 75N = \eta_p \eta_m / (1 + \zeta_c) V_{\text{онт}}, \quad (7)$$

где $\eta_m = 0,98$ — механический КПД валопровода. В дополнение на рис. 18 нанесена кривая оптимального коэффициента поджатия сопла

$$\beta_{\text{онт}} = V_s / V_{\text{онт}} = (d_c / D)^2, \quad (8)$$

где d_c — диаметр сопла, м.

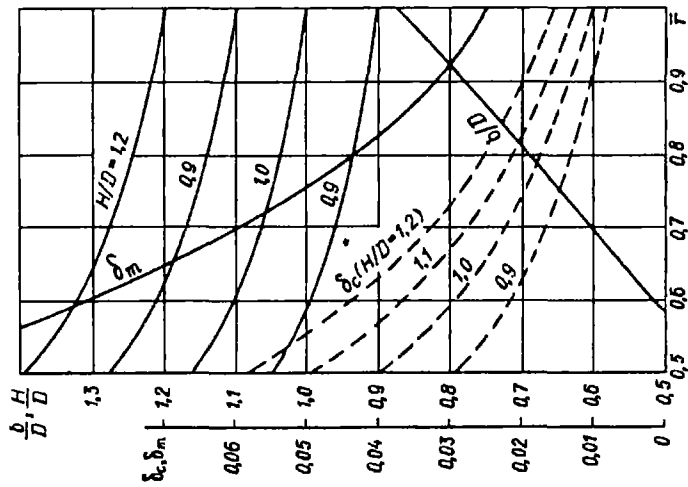


Рис. 14. Геометрические соотношения для четырехлопастных роторов ($d_{cm} = 0,5$; $A/A_e = 1/1$).

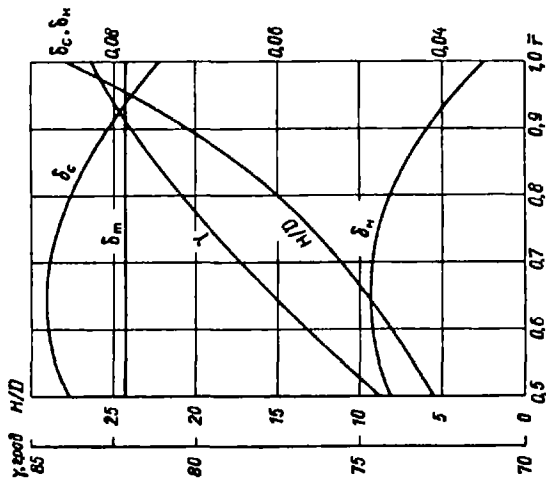


Рис. 15. Геометрические характеристики спрямляющих лопаток для четырехлопастных роторов ($d_{cm} = 0,15$; $b/D = 0,4$; $z_{ca} = 5$)

Кривые η_r характеризуются наличием максимумов, сдвинутых влево относительно линии максимальных КПД самого насоса. Другими словами, на рис. 14 линия оптимальных по η_r режимов работы насоса в составе водомета будет находиться ниже линии максимальных значений η_r .

Связь между N и n при каждой V_0 можно установить при помощи формулы (7) и данных рис. 16 и 17.

$$Nn^2 = Tn^2 V_0 / 75 \eta_r \quad (9)$$

Затем из формул (1) и (2) выразить

$$ND_{\text{опт}} = V_0 \sqrt{\frac{(1 + \zeta)}{g} \frac{(V_{j \text{ опт}} - 1)V_{j \text{ опт}}}{K_{\text{II погр}}}} \quad (10)$$

Зависимости проектных параметров Nn^2 и nD от V_0 при разных N/D рассматриваемой серии насосов представлены на рис. 18 и 19.

При помощи графиков, представленных на рис. 16 - 19 легко найти оптимальные характеристики водомета с используемым типом насоса при различной форме проектного задания. Расчетную точку желательно расположить на кривой $\eta_{r \text{ макс}}$. Отклонение влево от оптимального положения приводит к уменьшению V_0 и увеличению T и наоборот.

Видно, что область использования четырехлопастных насосов в оптимальном режиме ограничена диапазоном $V_0 = 8 - 13$ м/сек (или 29 - 47 км/час), т.е. они скорее применимы к сравнительно тяжелым и тихоходным катерам.

Для получения более высоких скоростей движения при той же мощности необходимо использовать более высоконапорные насосы с одновременным снижением весовой нагрузки корпуса.

На рис. 20 представлена номограмма для определения оптимальных рабочих параметров водомета с высоконапорным шестилопастным насосом, имеющим ротор с поворотными лопастями.

Геометрические характеристики этого насоса приведены на рис. 21 - 23.

Номограмма соответствует режимам работы насоса по линии $\eta_{r \text{ макс}}$; при этом оптимизация диаметра выполнена с учетом зависимости $\delta_{\text{вр}}$ от φ . Порядок пользования номограммой показан на примере $Nn^2 = 27 \cdot 10^4$ ($N = 75$ л.с.; $n = 3600$ об/мин, использован двигатель от автомобиля «ГАЗ-24»). Проведя вертикаль и горизонталь через заданное значение Nn^2 , получим $nD = 11,75$;

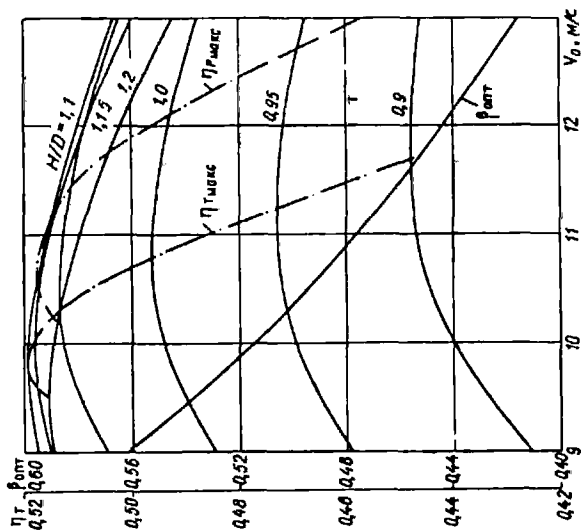


Рис. 17. Зависимость КПД полной тяги η , от V_0 при различных H/D ($z_m = 4$).

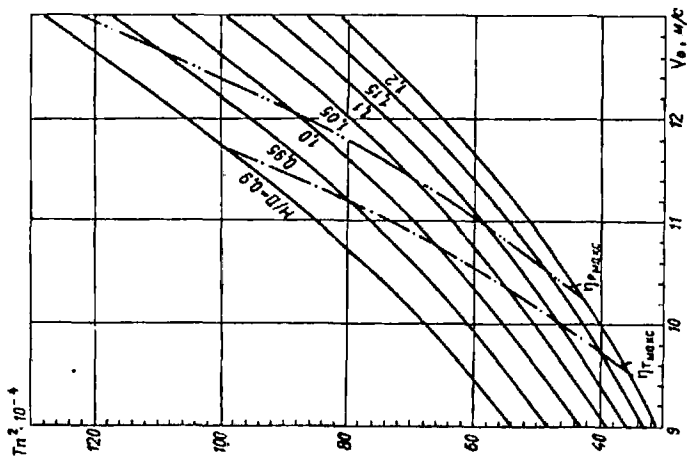


Рис. 16. Зависимость параметра $T\eta^2$ от V_0 при различных H/D ($z_m = 4$).

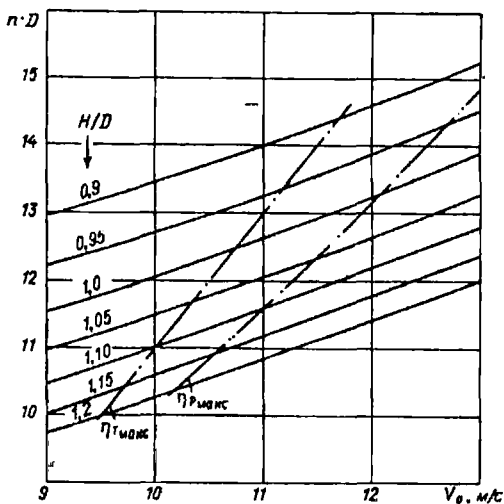


Рис. 19. Изменение параметра nD в зависимости от V_0 и H/D ($z_{\text{пр}} = 4$).

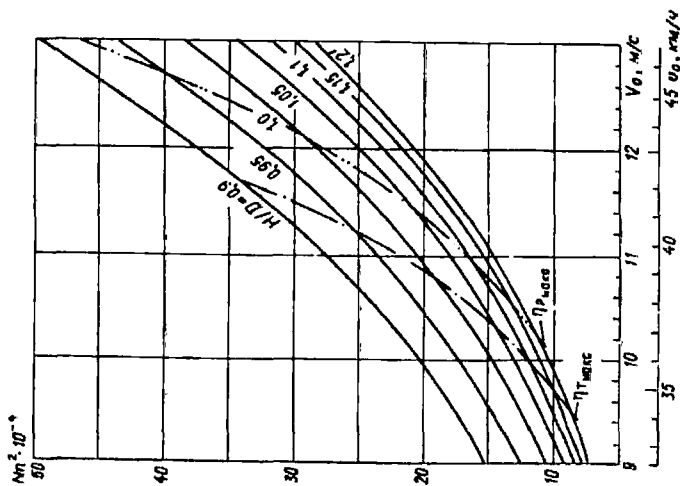


Рис. 18. Взаимосвязь параметра $N\eta^2$ с V_0 при изменении H/D ($z_{\text{пр}} = 4$).

$Tn^2 = 70 \cdot 10^4$; $\varphi = +2^\circ$; $V_0 = 13,88$ м/сек; $\rho_{\text{вн}} = 0,2833$; $V_s = 0,4782$. Дополнительно вычисляется $D_{\text{отт}} = 0,196$ м; $T = 194,4$ кгс; и через D приведем к размерному виду геометрические элементы ротора и спрямляющего аппарата, пользуясь рис. 23-25.

При использовании вместо поворотных лопастей лопастей с фиксированным шагом ротор может оказаться гидродинамически «тяжелым». Это объясняется устранением зазора между корнем лопасти и ступицей. Доводку ротора в этом случае можно осуществить путем подрезки входной и выходной кромок лопастей с последующей их профилировкой.

Важно отметить, что при использовании лопаточного поджатия струи желательно иметь четное число спрямляющих лопаток (восемь вместо девяти — рис. 23). Такой переход возможен при сохранении суммарной ширины хорд лопаток z_b и их относительной кривизны. Аналогичным образом можно поступить при возникновении технологических трудностей, связанных с изготовлением шестилопастного ротора, когда необходимо увеличить расстояние между корневыми сечениями (например, для выполнения сварки и обработки лопастей). В этом случае число лопастей ротора можно уменьшить до пяти.

Проектируя корпус водометного катера, следует иметь в виду, что установка водомета более предпочтительна на корпусах с плоскокилеватыми обводами днища и постоянным по длине углом килеватости $\beta_k = 12 - 18^\circ$ (в диапазоне $V_0 = 40 - 55$ км/час соответственно). Такие обводы обеспечивают более высокую устойчивость на курсе, кроме того, гораздо меньше вероятность прососа воздуха к ротору по сравнению с плоскодонными корпусами. При повышенной килеватости днища центр тяжести двигателя удастся расположить гораздо ниже и улучшить заполнение движителя водой при запуске.

Если T и V_0 известны, остается подобрать глиссирующий корпус с допустимой весовой нагрузкой Δ , продольной центровкой x_g , углом килеватости β_k и оптимальной шириной глиссирования $b_{\text{отт}}$.

Сопротивление голого корпуса $R_{гк}$ с водометом при глиссировании можно выразить в виде произведения

$$R_{гк} = (T - R_a - R_{вз})(1 - \psi), \text{ кгс}, \quad (11)$$

в котором

$$R_a \sim 0,035_{\text{об}} V_0^2, \text{ кгс} \quad (12)$$

- аэродинамическое сопротивление корпуса ($S_{\text{лоб}}$ — наибольшая площадь лобового сечения, м^2), кгс;

$$R_{вз} = \frac{\pi \rho \cdot C_D (V_0 D)^2}{8}, \text{ кгс} \quad (13)$$

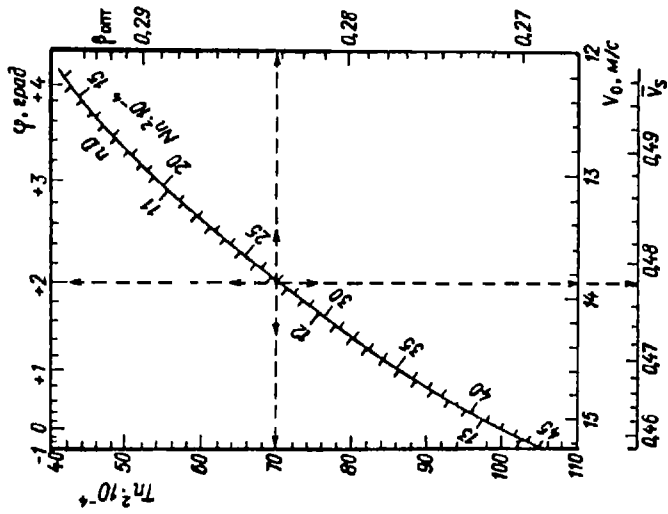


Рис. 20. Номограмма для определения оптимальных параметров водомета с шестилопастным ротором.

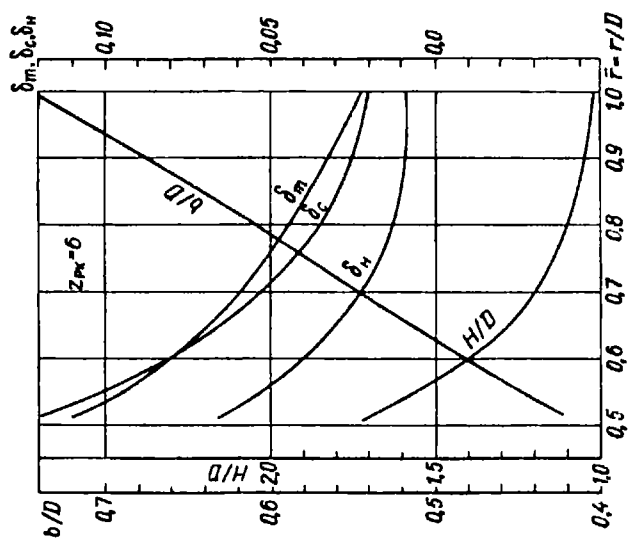


Рис. 21. Геометрические элементы шестилопастного ротора ($d_m = 0,55$; $A/A_d = 1,42$)

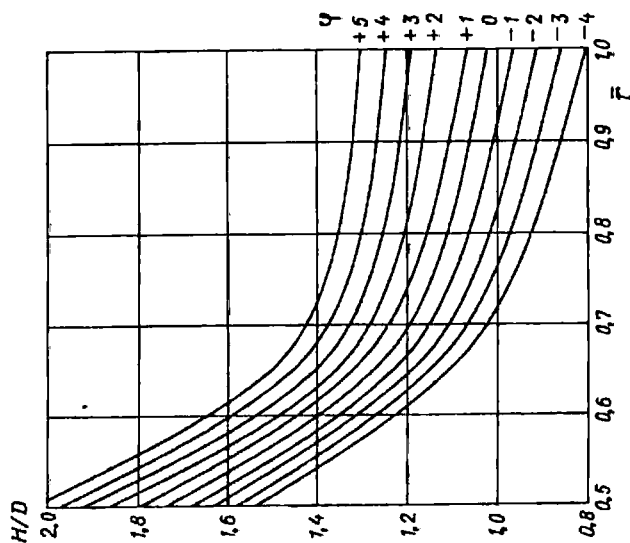


Рис. 22. Зависимость распределения шага
вдоль радиуса угла поворота φ лопастей
для шестилопастного ротора.

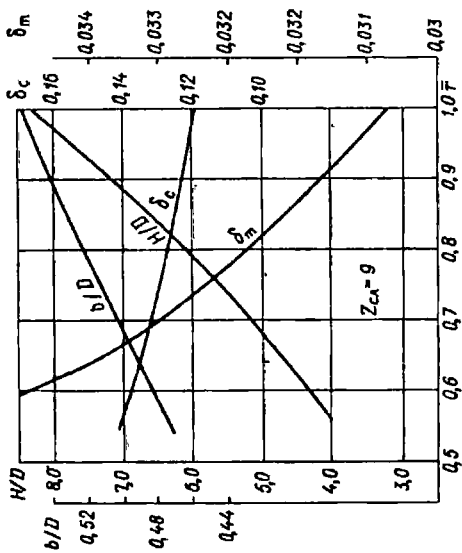


Рис. 23. Геометрические характеристики
спрямляющих лопаток для шестилопастного ротора
($z_{сЛ} = 9$; $d_{сЛ} = 0,55$).

Внешнее гидродинамическое сопротивление водозборника (C_D определяется по рис. 12 после установления V_0), кгс; $\psi = 0,02$ – коэффициент взаимодействия глсссирующей поверхности с володемом, учитывающий увеличение $R_{гк}$ из-за появления дополнительного ходового дифференла, вызванного подсаывающей на днище в районе водозборного отверстия.

Чтобы установить взаимосвязи между $R_{гк}$, V_0 , Δ , β_k , x_g и $b_{опт}$, можно воспользоваться известными методиками расчета оптимальных характеристик глсссирования. В качестве примера на рис. 24 представлены результаты такого расчета для $\beta_k = 15^\circ$; $x_g = 1,8$ м и $\Delta = 700 - 1300$ кг, объединенные в виде корпусной диаграммы $\Delta - b_{опт}$ в осях $R_{гк} - V_0$.

По диапазону Δ и V_0 эта диаграмма применима для глсссирующих катеров длиной 4,5–5,5 м, оснащенных двигателями $N = 50 - 100$ л.с. При помощи такой диаграммы при известных $R_{гк}$, V_0 , x_g и β_k вначале определяются Δ и $b_{опт}$, а затем рассчитывается пропульсивный КПД движителя:

$$\eta = \eta_T \eta_{внеш} = \eta_T \{ 1 - \psi - [R_{вз} - (R_{вз} + R_a) \psi / T] \}, \quad (14)$$

где $\eta_{внеш}$ – внешний КПД, выражающий отношение полезной ($R_{гк} + R_a$) и полной тяги T .

Прежде чем перейти к описанию конкретных конструкций володедных движителей представляется целесообразным остановиться на вопросе, который является кардинальным для большинства любителей-судостроителей – это выбор силовой установки. Казалось бы, в прошлые годы, когда были доступны подвесные моторы мощностью не более 30 л.с., проблема решалась несколько проще.

Действительно, при наличии крупного водоизмещающего катера решение принималось, как правило, в пользу стационарного варианта. Однако и в настоящее время, несмотря на появление импортных подвесников практически любой мощности насущность проблемы для подавляющего большинства любителей осталась прежней. Дело в том, что цена мотора с володедной приставкой, пригодного для установки на достаточно большой катер (водоизмещением 1000 - 1500 кг), в несколько раз превосходит затраты на установку стационарного двигателя. Различия становятся более ощутимыми при использовании отечественных подвесных моторов.

Здесь не имеет смысла перечислять хорошо известные каждому водномоторнику преимущества и недостатки подвесных моторов

по сравнению со стационарными двигателями. Более актуальным представляется анализ возможных результатов, которые можно получить при оборудовании стационарным водометом катера с конкретными характеристиками. Прежде всего, необходимо как можно точнее спрогнозировать влияние веса двигателя и его расположения на скорость катера и экономичность силовой установки.

Для этого вначале следует напомнить значения основных величин и безразмерных коэффициентов, используемых при расчетах в гидродинамике катеров. Так, гидродинамическим качеством называется величина, обратная коэффициенту глиссирования (ϵ). Этот коэффициент, в свою очередь, определяется следующим соотношением:

$$\epsilon = R/D,$$

где R — сила сопротивления, направленная против хода катера, а D — вес катера или его водоизмещение. Таким образом $K = 1/\epsilon$. C_B — коэффициент динамической нагрузки или удельная нагрузка при глиссировании определяется из соотношения

$$C_B = \frac{2D}{\rho V^2 B^2},$$

где ρ — массовая плотность воды, V — скорость судна м/сек, B — ширина глиссирующей поверхности днища, м., D — водоизмещение, т.

Из других показателей здесь упоминаются следующие: β — угол килеватости днища, ψ — угол ходового дифферента и $m_x = X_g/B$ — относительная центровка катера, где X_g — расстояние от центра тяжести до транца, м.

Теоретически влияние центровки и удельной нагрузки на ходовые качества катера можно определить с помощью несложных расчетов с использованием экспериментальных данных (рис. 25-27).

Известно, что величину гидродинамического качества можно также получить в зависимости от m — величины, характеризующей центровку, и C_B — коэффициента удельной нагрузки.

Например, катер длиной 5 м при ширине 1,8 м и общей массе 1000 кг под двумя «Нептунами-23» развивает скорость 36 км/час. Для этого примера в случае использования подвесных моторов гидродинамическое качество корпуса составит 7–7,2 при угле килеватости $\beta = 12^\circ$, $m = 1,2-1,4$ и $B_{cx} = 1,6$ м. При этом сопротивление корпуса составит около 140 кг, а мощность, необходимая для движения со скоростью 36 км/час — менее 50 л.с.

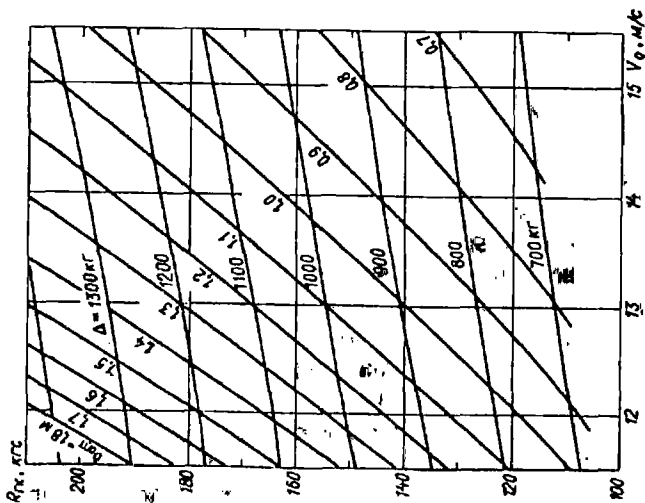


Рис. 24. Расчетная диаграмма оптимальных характеристик глиссирующего для корпуса с плоско-кильеватым днищем ($\beta_k = 15^\circ$; $x_k = 1,8 \text{ м}$).

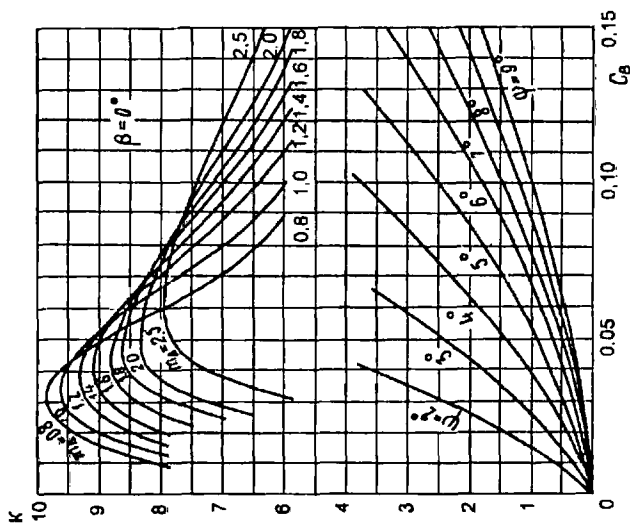


Рис. 25. Зависимость гидродинамического качества (K) от увеличенной нагрузки и центровки и график для определения ходового дифферента (угла атаки) глиссирующей пластины ($\beta = 0^\circ$).

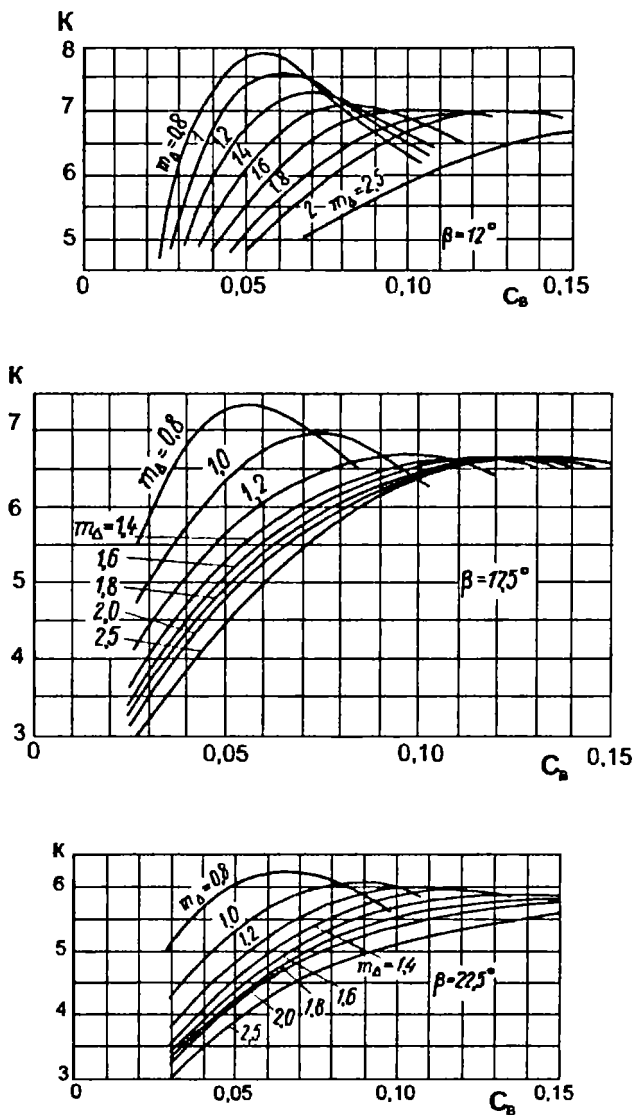


Рис. 26. Зависимость гидродинамического качества от удельной нагрузки и центровки. ($\beta = 12^\circ$)

1 - $\beta = 12^\circ$; 2 - $\beta = 17^\circ 30'$; 3 - $\beta = 22^\circ 30'$

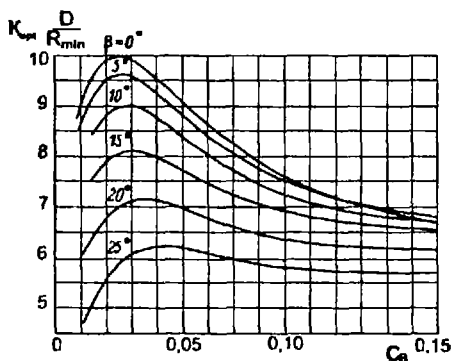


Рис. 27. Зависимость гидродинамического качества от удельной нагрузки при оптимальных углах атаки для плоско-клеватых профилей.

Тот же корпус, но с двигателем, установленным внутри, будет иметь смещенный к носу центр тяжести и в результате повышенное качество. Дифферент на корму уменьшится, катер станет более быстроходным и будет легче выходить на глиссирование.

Для уменьшения мощности двигателя, потребной для выхода на глиссирование, можно еще более сместить центр тяжести в нос - перенести в носовые отсеки катера топливные баки и т.д. Эти меры позволят снизить сопротивление и величину m и соответственно повысить гидродинамическое качество.

Следующая конструктивная мера — удлинение корпуса путем установки пустотелых транцевых плит большого объема.

Следующим важным моментом является максимизация пропульсивного КПД. Эта цель достигается целым комплексом мер, снижающих потери КПД установки. Как уже указывалось, к ним относятся потери на входе в водовод, потери на повороты потока и потери на трение по длине. Кроме того, на КПД насоса существенное влияние оказывает степень разгона потока перед диском ротора. Например, при частоте вращения ротора 2800 об/мин увеличение скорости потока перед ним существенно повышает КПД насоса, но одновременно с этим увеличивается вероятность кавитации.

Еще большее значение имеет давление в потоке воды на срезе сопла водомета. Необходимо, чтобы это давление было равно атмосферному. Даже небольшое отклонение в ту или иную сторону ведет к потере тяги. Так, разница в 0,1 атм. может вызывать потерю тяги до 60 кгс, что эквивалентно потере мощности около 12-14 л.с.

4. Конструкции стационарных водометов

4.1. Водомет на базе моторов «Стрела»

Одно из простейших решений, которое позволяет совместить двигатель от подвесного мотора с водометом, состоит в вертикальной установке цилиндров мотора и непосредственном соединении коленчатого вала с гребным. Основным достоинством этой конструкции является отсутствие углового редуктора с коническими шестернями, изготовление которого представляет известные трудности.

Имеется положительный опыт эксплуатации таких установок с подвесниками разной мощности. Одна из них была предложена Ф. Михеевым еще в 1971 г., который использовал для этой цели спаренные двигатели от мотора «Стрела» (рис. 28).

Суммарная мощность установки составляет 10 л.с., однако изготовленный движитель вполне допускает применение двух сходных одноцилиндровых двигателей или одного двигателя от «Ветерка». В установке Ф. Михеева два двигателя «Стрела» соединены через проставку и соединительную втулку-муфту с помощью четырех штифтов $\varnothing 5$ мм.

Для изготовления установки мотор отделяют от подводной части, снимают с него пусковое устройство, переворачивают цилиндр в вертикальное положение, разворачивают карбюратор на 90° .

При необходимости исключить подсосывание на мелководье за счет увеличения дифферента на корму при движении с небольшой скоростью целесообразно увеличить напор движителя. Для этого водомет можно изготовить двухступенчатым (см. рис. 28).

Рис. 28. Сборочный чертеж водомета.

1 – насадка гидрореверса; 2 – лопатка спрямляющего аппарата второй ступени; 3 – шарикоподшипник №203; 4 – ступица направляющего аппарата; 5 – сальник $\varnothing 17 \times 35 \times 70$; 6 – рабочее колесо второй ступени, $H = 120$ мм; 7 – штифт $\varnothing 6$ мм; 8 – спрямляющий аппарат первой ступени; 9 – рабочее колесо первой ступени, $n = 120$ мм, 10 – обтекатель; 11 – вал; 12 – решетка; 13 – водозаборник; 14 – дейдвудная труба; 15 – сальник $\varnothing 25 \times 42 \times 18$; 16 – шарикоподшипник № 204; 17 – упорный подшипник № 10304; 18 – шайба; 19 – соединительная проставка; 20 – выхлопной патрубок; 21 – штуцер системы водяного охлаждения; 22 – соединительная муфта; 23 – штифт 5×32 ; 24 – коленчатые валы; 25 – перо руля.

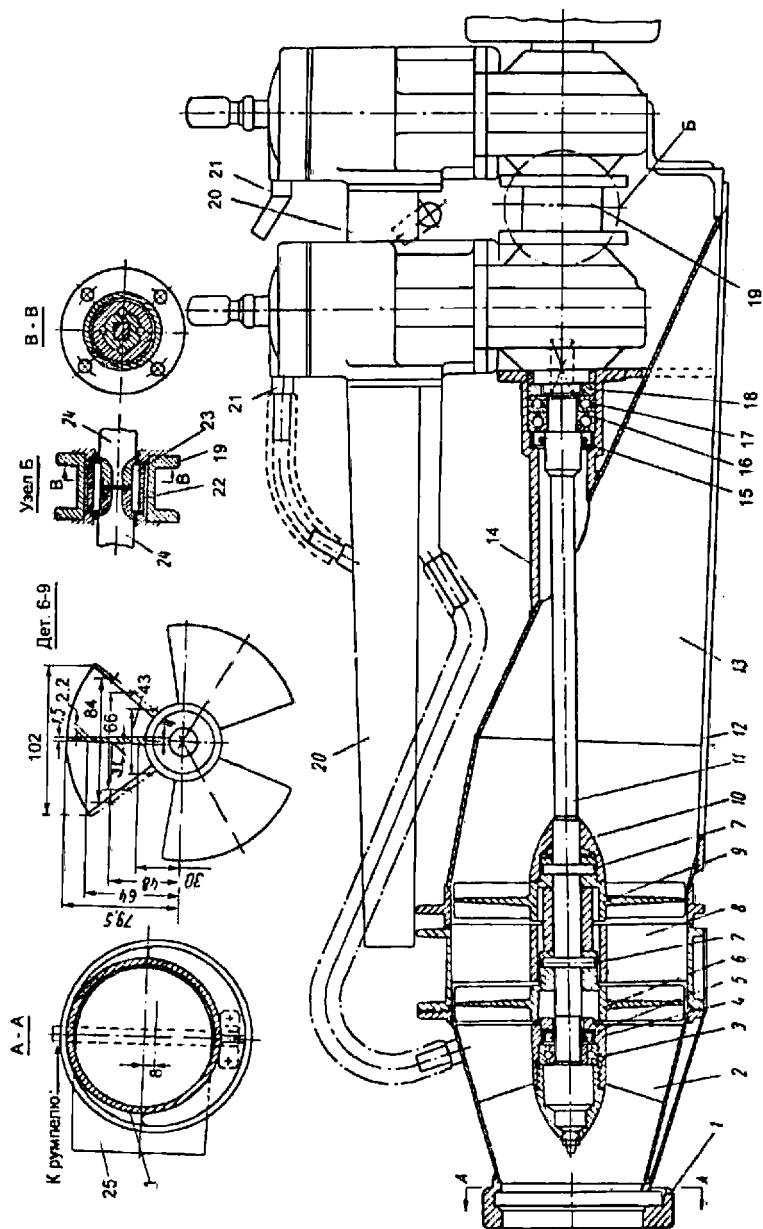
Водозаборник водомета делается из малоуглеродистой стали толщиной 2 мм и состоит из двух частей, соединенных сваркой. Рабочий цилиндр вытачивается из стальной болванки, внутри цилиндра приваривается ступица и пять лопастей направляющего аппарата. Сопло делается также из листовой стали толщиной 2 мм. К соплу приваривается фланец для соединения с рабочим цилиндром.

К задней выходной части сопла приваривается насадка гидрореверса, на которую крепятся подшипники руля. Профилированное перо руля является и заслонкой заднего хода (на чертеже перо руля и изображено в положении «задний ход»). Ступица ротора выполняется из стали 45, лопасти — из листовой нержавеющей стали толщиной 4 мм.

Следует отметить, что данную конструкцию целесообразно дополнить предохранительным устройством, предотвращающим перегрузки двигателя в случае заклинивания рабочего колеса водомета крупным мусором (ветками, щепками и пр.). Это может быть, например, срезной штифт в муфте, закрепленной на гребном валу перед дейдвудным подшипником и доступный для замены изнутри лодки.

4.2. Водомет для катера «Мурена»

Катер «Мурена» (рис. 29) самостоятельной постройки (разработка Д. Курбатова) был спроектирован для водометной установки на базе 30-сильного «Вихря» со штатным редуктором, но без дейдвудной части, подвески и капота.



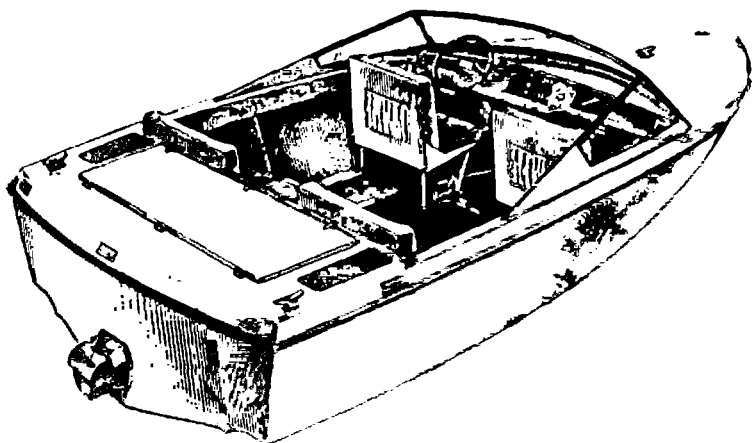


Рис. 29. Общий вид катера.

Основные данные катера

<i>Длина наибольшая, м</i>	<i>4,00</i>
<i>Ширина наибольшая, м</i>	<i>1,65</i>
<i>Ширина по скуле у транца, м</i>	<i>1,30</i>
<i>Высота борта на миделе, м</i>	<i>0,67</i>
<i>Масса порожнем, кг</i>	<i>160</i>
<i>Мощность двигателя, л. с.</i>	<i>30-70</i>
<i>Скорость максимальная при двигателе от ПМ «Вихрь-30», км/час</i>	<i>40</i>

Конструкция корпуса катера предусматривает его постройку из стеклопластика или из композита — из пластика на деревянном наборе. Последний вариант удобен для индивидуального строительства, так как не требуется изготавливать довольно трудоемкую оснастку — пуансон и матрицы, которые затем выбрасываются.

Обводы этой лодки типичны для современных глиссирующих судов, эксплуатируемых на реках при высоте волны до 0,75 м (рис. 30).

Благодаря умеренной килеватости днища (17° у транца) перегрузки при ходе на волнении невелики. Широкие скуловые брызгоотбойники и продольные реданы позволяют несколько повысить гидродинамическое качество и уменьшить количество брызг, вырывающихся из-под днища.

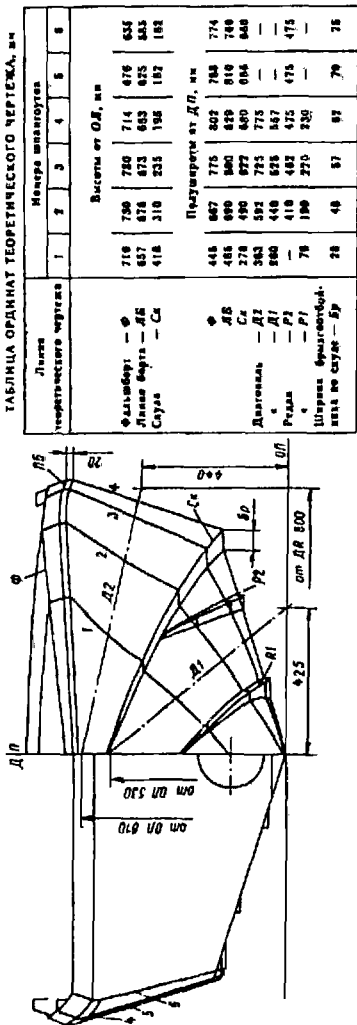
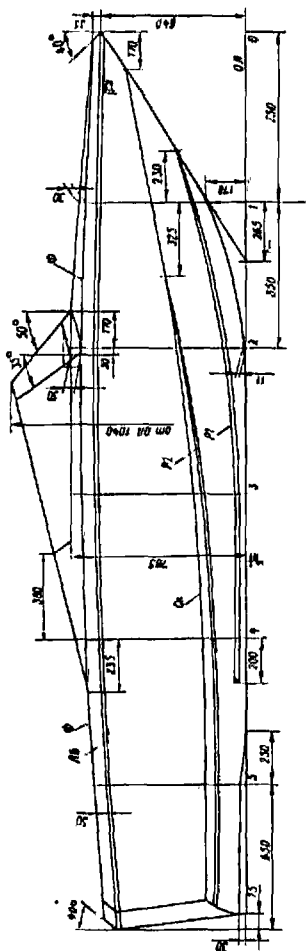


ТАБЛИЦА ОРДНАТ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ЧЕРТЕЖА, м

Линия теоретического чертежа	Номера шпалыгоутов					
	1	2	3	4	5	6
Фальсберг: — ϕ	716	750	780	714	676	635
Линия карниза — $РБ$	637	678	673	663	625	585
Свая — $Сх$	418	310	235	188	152	122
	Полуширины от ДП, мм					
ϕ	445	867	775	807	768	774
$РБ$	486	890	860	829	810	780
$Сх$	278	490	877	460	806	840
Давицкая — $Д2$	363	592	785	775	—	—
$Р1$	860	440	628	557	—	—
$Р2$	—	410	483	475	475	475
$Р3$	78	190	270	230	—	—
Ширина фронтонодоб. клина по сваям — $Бр$	78	48	57	87	79	76

Рис. 30. Теоретический чертеж и общее расположение катера.

На катере предусмотрена установка одноступенчатого водометного двигателя (рис. 31).

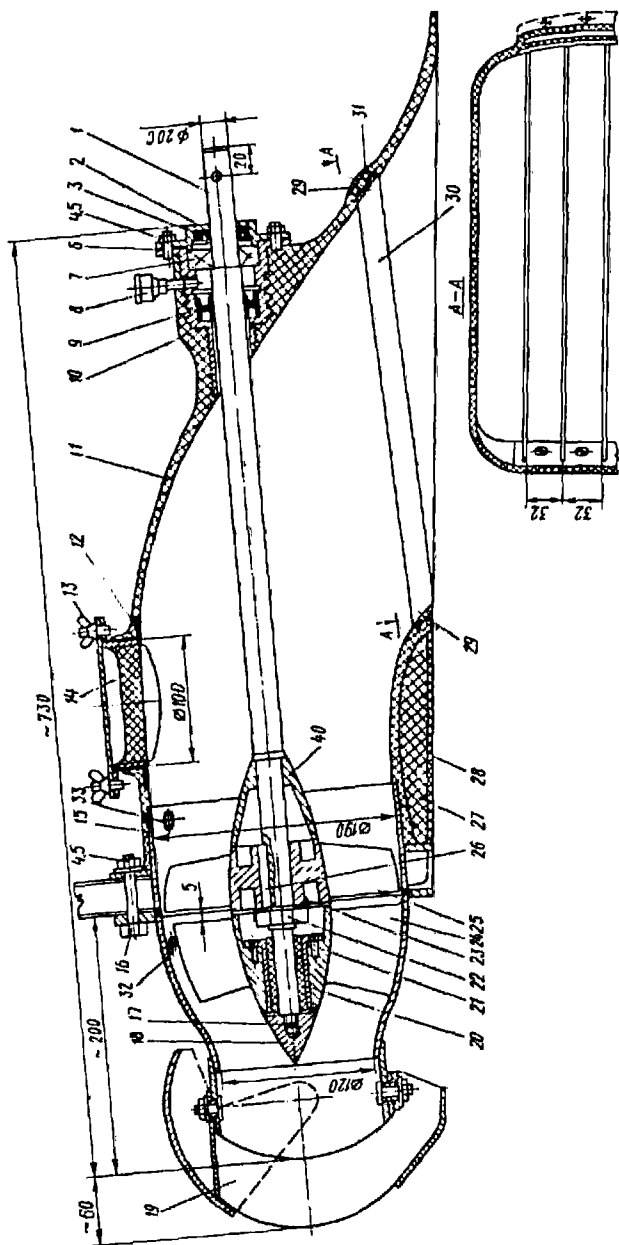
Основными его деталями являются: водозаборник с защитной решеткой на входе и фланцем для крепления двигателя к транцу катера; четырехлопастной ротор, имеющий дисковое отношение $A/A_0 = 0,8$, диаметр 189 и шаг 190 мм; сопло с монтированным в него спрямляющим аппаратом; реверсивно-рулевое устройство и гребной вал с подшипниками и дейдвудным уплотнением.

Водозаборник представляет собой патрубок довольно сложной конфигурации. Его конец, примыкающий к днищу, имеет прямоугольное сечение, которое постепенно переходит в цилиндр в месте расположения ротора. Если корпус катера строится из стеклопластика, имеет смысл изготовить водозаборник также из пластмассы и приформовать его нижнюю кромку непосредственно к днищу корпуса, для этого не потребуется металлический крепеж.

Ротор вращается в статоре (рис. 32) — стальном кольце, благодаря чему обеспечивается необходимая износостойкость внутренней поверхности водомета и точность его сборки.

Рис. 31. Водометный двигатель.

- 1 — гребной вал; 2 — крышка корпуса дейдвудного подшипника; 3 — сальник $\varnothing 20 \times 42 \times 11$; 4 — гайка М8 10 шт.; 5 — шайба 8, 10 шт.; 6 — прокладка; 7 — подшипник №46205; 8 — пресс-масленка; 9 — сальник $\varnothing 25 \times 47 \times 11$; 10 — корпус дейдвудного подшипника; 11 — водозаборник; 12 — корпус смотрового лючка; 13 — гайка-барашек М10, 2 шт.; 14 — крышка лючка, металл, пенопласт, стеклопластик; 15 — статор (кольцо с фланцем); 16 — болт М8х70, 6 шт.; 17 — шплинт 2,5х45; 18 — гайка-обтекатель; 19 — реверсивно-рулевое устройство; 20 — резинометаллический подшипник; 21 — винт М4х12; 22 — гайка М24х1; 23 — опорная шайба; 24 — сопло — спрямляющий аппарат; 25 — ротор; 26 — шпонка Б 8х50, сталь 2Х13; 27 — заполнитель — пенопласт; 28 — приформовка, стеклопластик; 29 — винт М6х12, 8 шт.; 30 — полосы защитной решетки 3х18; 31 — планка 4х20х150, 2 шт.; 32 — штуцер — водозаборник системы охлаждения двигателя; 33 — штуцер вентиляции ротора; 34, 35 — фланцы; 36 — ступица спрямляющего аппарата; 37 — лопатка спрямляющего аппарата; 38 — насадка реверсивно-рулевого устройства; 39 — шпилька М8х24; 40 — обтекатель.



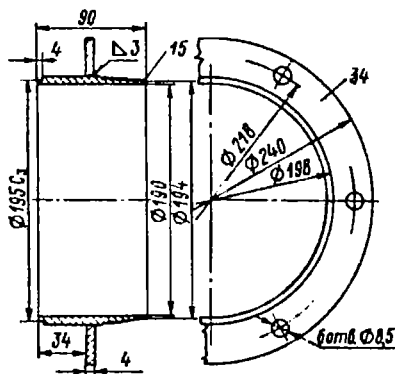


Рис. 32. Статор.

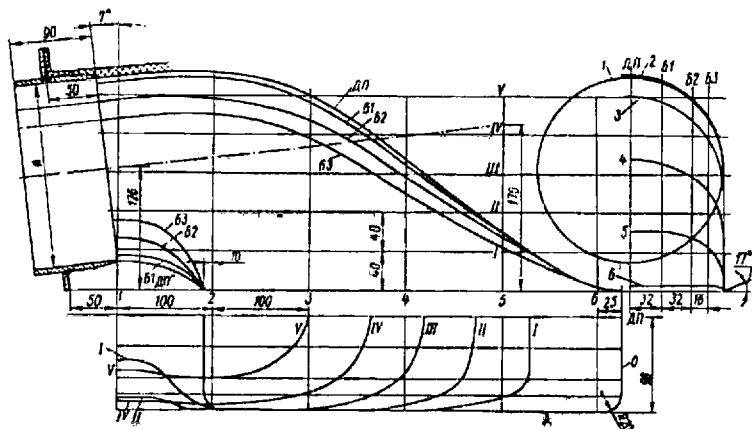
С изготовления этого кольца и привариваемого к нему фланца и следует начать работу. Для металлических деталей движителя желательно использовать нержавеющую сталь, следует также по возможности избегать применения разнородных металлов для предотвращения коррозии.

Окончательную обработку внутренней поверхности кольца по диаметру 190 мм и проточку центрирующего пояса для сборки с направляющим аппаратом нужно выполнить после приварки фланца. На поверхности обечайки, к которой будет приформовываться стеклопластиковый водозаборник, необходимо нарезать канавки глубиной около миллиметра для более надежного сцепления металла с пластиком. Внутреннюю поверхность кольца, омываемую водой, желательно отполировать для уменьшения потерь на трение.

Для формования водозаборника (рис. 33) необходимо изготовить форму — болван (рис. 34), которая в точности копирует внутреннюю поверхность патрубка и обеспечивает сопряжение с деталями, замоноличиваемыми в пластик.

После отверждения стеклопластика болван приходится удалять из водозаборника, что обязательно нужно учитывать. Проще всего сделать его из небольших кусков пенопласта, соединяя их между собой «точечной» склейкой эпоксидным связующим.

На тонкой пенопластовой плите размером 600 x 250 мм нужно вычертить контур водозаборника в ДП. Обрезав плиту по этому контуру, с боков к ней приклеивают две части основания, обработанных



Сечения	Полушироты по ватерлиниям от ДП				
	I	II	III	IV	V
1	45	95	95	88	57
2	87	97	98	91	64
3	97	95	95	79	0
4	97	92	59	—	—
5	84	—	—	—	—

Сечения	Высоты по батоксам от ОВЛ			
	ДП	Б1	Б2	Б3
1	220/28	214/35	195/43	178/71
2	224	218	196	180
3	200	194	175	156
4	134	129	116	100
5	80	59	54	44

Рис. 33. Теоретический чертеж и таблица ординат водозаборника.
(диаметр статора 190 мм).

по контуру днищевого отверстия. Затем к вертикальной плите приклеивают две половинки диска диаметром 190 мм, оформляющего цилиндрический конец патрубка, на который можно насадить кольцо статора. Остается заполнить пространство между этими плитами кусками пенопласта и обработать их, контролируя поверхность при помощи шаблонов поперечных сечений, вырезанных из фанеры. Окончательную обработку выполняют шкуркой, затем поверхность шпаклюют, вновь обрабатывают шкуркой и окрашивают.

По контуру входного отверстия водозаборник должен иметь фланец шириной 20-35 мм для приформовки к днищу, поэтому болван нужно поставить на основание из толстой фанеры.

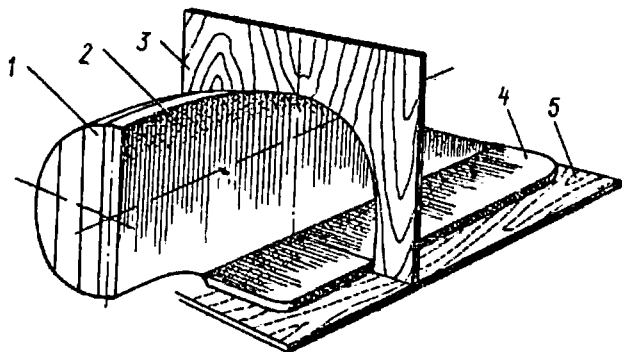


Рис. 34. Болван для формования водозаборника.

1 — цилиндрическая часть диаметром 190 мм для посадки кольца статора; 2 — плита в ДП; 3 — шаблон для контроля наружной поверхности болвана; 4 — плита основания, вырезанная по контуру отверстия в днище; 5 — финера.

Далее нужно подготовить закладные части — корпус смотрового лючка, корпус дейдвудного подшипника (рис. 35), воздушный штуцер и планки для крепления решетки.

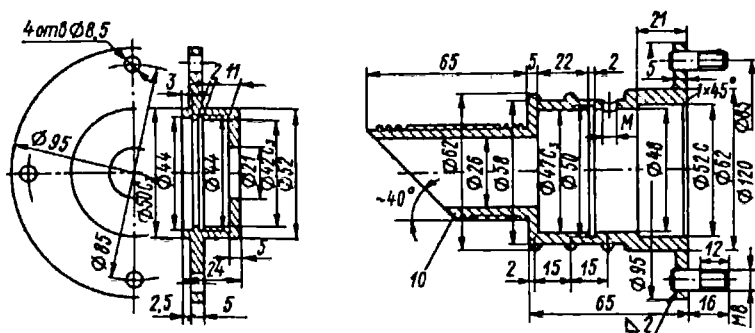


Рис. 35. Корпус дейдвудного подшипника.

Требуемая точность монтажа линии вала обеспечивается при помощи «фальшивого» вала и центрирующего диска, совмещаемого с наружным отверстием статора. Пропустив вал через отверстие, просверленное в болване, на его внутренний конец надевают корпус дейдвудного подшипника или, в случае, если упорный подшипник смонтирован в редуктор двигателя, патрубков для крепления сальника. Второй вариант пред-

почтительнее, так как отпадает необходимость в точной центровке линии вала в пределах водометного движителя. Затянув гайки на концах фальшвала, фиксируют центрующий диск и корпус подшипника на болване.

У входной части водозаборника к болвану крепят полоски резины толщиной 4 мм для того чтобы на внутренней поверхности водозаборника получились углубления под пластинки, к которым привинчивают защитную решетку.

Поверхность болвана покрывают разделительным слоем (разведенный в скипидаре воск, мастика для натирания паркетных полов, вазелин и т. п.), который должен обеспечить легкое отделение болвана от стеклопластика после его отверждения. Поверхности металлических деталей, которые должны надежно склеиться, зачищают и тщательно обезжиривают ацетоном либо другим растворителем. Затем наносят декоративный слой, который предохранит поверхность стеклопластика от износа, позволит получить гладкую глянцевую поверхность водовода. Декоративный слой готовят из эпоксидного связующего с введением в него 10% двуокиси титана, окиси хрома или алюминиевой пудры. После желатинизации пигментированного слоя можно приступать к выклеиванию водозаборника.

Стеклоткань нужно раскроить на куски или полосы с таким расчетом, чтобы слои ее плотно ложились на поверхность болвана без морщин и пузырьков воздуха. Нанеся слой связующего, накладывают слой стеклоткани и тщательно приглаживают ее к поверхности, следя, чтобы связующее равномерно, без пропусков проступило сквозь ткань. Общая толщина стеклопластика должна составлять 6-8 мм.

Наклеив несколько слоев ткани, устанавливают на свои места корпус смотрового лючка, воздушный штуцер и закладные металлические планки с резьбовыми отверстиями для крепления защитной решетки, затем продолжают формование.

Есть другой вариант установки решетки: после снятия водозаборника с болвана под концы продольных полос решетки в стеклопластике пропиливают вертикальные пазы, вставляют полосы и временно закрепляют их при помощи клинышков, затем заклеивают пазы эпоксидным клеем со стекловолокном. Крепление концов получается более надежным, если у концов в полосах просверлить отверстия.

Лучше всего завершить формование водозаборника за один прием и выдержать его на болване в течение двух суток, после чего можно вынимать из него пенопластовый болван. Это можно делать сразу с двух сторон патрубка.

Болван можно изготовить из гипса или дерева, применить для облегчения наружной обработки воск или пластилин. При изготовлении по одному болвану нескольких водозаборников удобен деревянный болван разъемной конструкции. (см. также 4 списка литературы).

Иногда предпочтительнее изготовить водозаборник из тонколистового (2-3 мм) металла. И в этом случае тоже необходим болван, по которому делают предварительную разметку отдельных частей водозаборника, имеющих сравнительно простую погнбь. Для каждой части вырезают шаблон из картона или тонкой жести, который используется для разметки на металле. Заготовки подвергают выколотке — придают им нужную форму, нанося удары молотком со скругленной ударной частью по внутренней поверхности заготовки, положенной на торец березовой чурки. Периодически заготовки прикладывают к болвану для контроля их формы.

По окончании выколотки заготовки подгоняют друг к другу по кромкам и, уложив на болване, прихватывают сваркой. Окончательная сварка выполняется после прихватки днищевого фланца и цилиндрического кольца статора. Все швы заваривают снаружи, места сварки тщательно зачищают; внутреннюю поверхность водозаборника желательно отполировать.

Устанавливать и приваривать корпус лейдвудного подшипника нужно при помощи такого же кондуктора с фальшвалом, как и в случае стеклопластикового водозаборника (рис. 36).

Сопло и спрямляющий аппарат.

Для изготовления сопла нужно по размерам, приведенным на чертеже (рис. 37), выточить на токарном станке из твердого дерева или металла болван и по нему выколотить или выдавить обечайку из нержавеющей стали толщиной 2-3 мм.

Для облегчения этой работы заготовку сопла можно выкроить в виде трех-шести лепестков с припуском по кромкам для последующей подгонки; каждый из лепестков выколачивается до плотного прилегания к поверхности болвана. Уложив подогнанные друг к другу лепестки на болван, их стягивают хомутами из мяг-

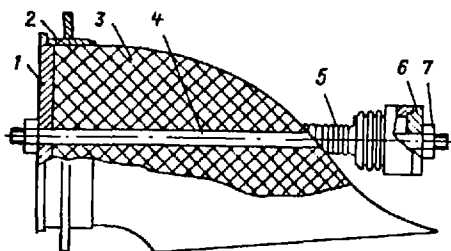


Рис. 36. Схема приспособления для установки корпуса дейдвудного подшипника. 1 — диск, центрирующий гребной вал в статоре; 2 — статор; 3 — болван водозаборника; 4 — фальшвал; 5 — корпус дейдвудного подшипника; 6 — диск, центрирующий вал в корпусе 5; 7 — гайка М20.

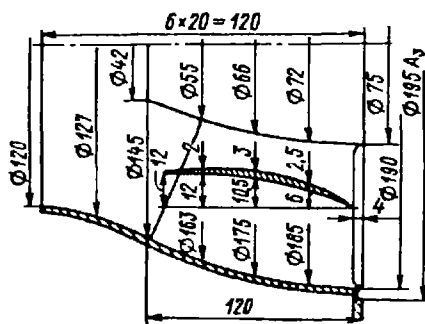
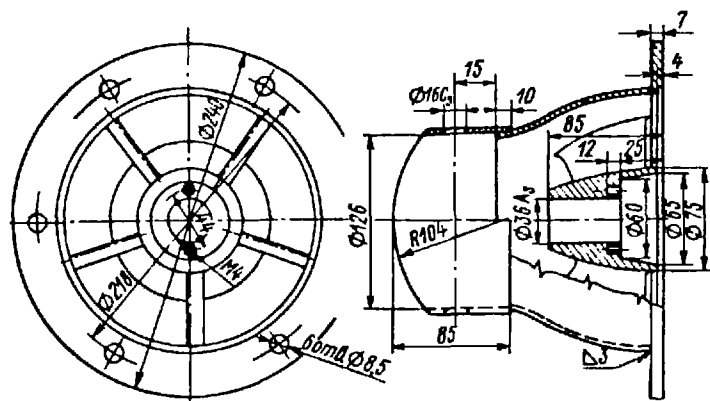


Рис. 37. Сопло, спрямляющий аппарат и его ступица. (нумерация соответствует рис. 31)

кои проволоки, затем надевают на болван фланец и прихватывают его к лепесткам. Окончательную сварку швов ведут небольшими участками на диаметрально противоположных сторонах сопла, чтобы избежать коробления.

Заготовки лопаток спрямляющего аппарата изгибают и обрабатывают, контролируя форму поперечного сечения по шаблону. Вытачивают ступицу, подгоняют и приваривают к ней концы лопаток. Для обеспечения точности сборки лучше всего изготовить сборочный кондуктор, в котором фиксируются лопатки, ступица и фланец крепления сопла к водозаборнику. После сварки лопаток со ступицей их внешние концы протачивают по продольному профилю сопла, затем все детали крепят в кондукторе. Здесь к торцу обечайки приваривают фланец, заваривают швы по концам лопаток. Затем производится окончательная проточка посадочного углубления во фланце и расточка втулки под резинометаллический подшипник (рис. 38). В обечайку вваривается штуцер для забора воды в систему охлаждения двигателя.

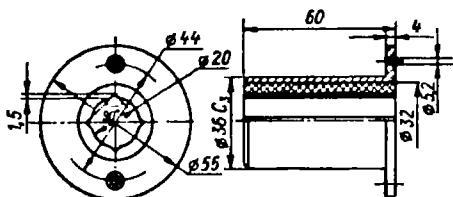


Рис. 38. Резинометаллический подшипник.

Все поверхности спрямляющего аппарата, омываемые водой, зачищают от наплывов сварки, мелкие раковины шпаклюют эпоксидной шпаклевкой, все полируют.

Ротор.

Четырехлопастной ротор может быть изготовлен литым (из латуни, алюминиевого сплава) либо сварной конструкции.

Для обработки лопастей необходимо изготовить шаговую горку, состоящую из основания-плиты — диска с проточенными в ней кольцевыми кашавками для установки шаговых угольников, самих угольников и контршаблонов для контроля поперечного сечения лопасти на заданных чертежом радиусах. Шаговые угольники и контршаблоны вырезают из 1,5-2 мм листов металла и изгибают по соответствующим радиусам (рис. 39).

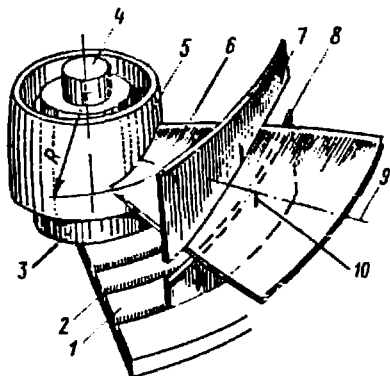


Рис. 39. Схема приспособления для сборки ротора и обработки лопастей.

1 — стальная плита; 2 — канавки под шаговые угольники; 3 — прокладка толщиной 13 мм; 4 — валик; 5 — ступица; 6 — заготовки лопасти; 7 — контршаблон; 8 — шаговый угольник; 9 — осевая линия лопасти; 10 — контрольная риска.

Ротор водомета — правого вращения. Это значит, что правая кромка лопасти должна быть выше левой, если смотреть на лопасть с ее внешнего конца. Заранее выточенная ступица ротора устанавливается на плиту задним торцом вниз и центруется при помощи короткого валика.

Винтовая поверхность нагнетающей стороны лопасти может быть получена из плоской заготовки только при гибке с равномерной вытяжкой металла. Лопасть изгибают, зажимая корневое сечение заготовки в тисках и нанося по ней удары молотком. С обратной стороны лопасть нужно поддерживать легкой кувалдой. При этом лопасть должна гнуться между поддержкой и местом нанесения удара, а не в корне. Поверхность лопасти контролируют, прикладывая заготовку к шаговой горке; зазор между лопастью и кромкой угольника не должен превышать 0,3 мм. Окончательную доводку осуществляют драчевой пилой.

Выпуклую (засасывающую) сторону обрабатывают, пользуясь контршаблонами для данных радиусов. Поперечные сечения лопастей — сегментного профиля, т.е. представляют собой часть круга, ограниченную хордой, совпадающей с нагнетающей стороной. Имея три заданные точки профиля — толщину и ширину сечения, несложно найти величину радиуса для построения спин-

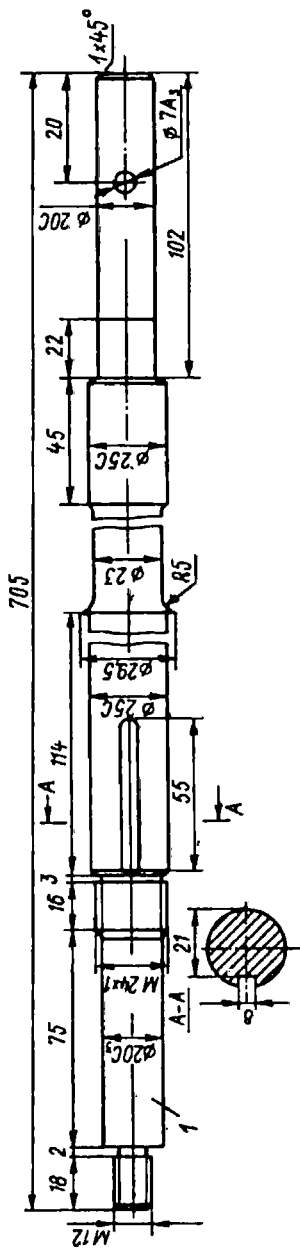


Рис. 40. Гребной вал.

ки профиля. (Можно также воспользоваться ординатами профиля, приведенными, например, в 7 списка литературы). Затем лопасть прихватывают электросваркой к ступице, рихтуют и окончательно приваривают короткими участками попеременно с обеих сторон лопасти.

После сварки всех лопастей проверяют плотность их прилегания к шаговым угольникам, при необходимости подгибают, обрезают ротор по диаметру, обрабатывают сварные швы и растачивают отверстие в ступице под гребной вал (рис. 40).

Готовый ротор нужно подвергнуть статической балансировке на станке с параллельными и горизонтальными ножами. Отбалансированный ротор не должен самопроизвольно поворачиваться на ножах. Металл со стороны более тяжелой лопасти, которая оказывается внизу, снимается с внутренней стороны ступицы. Разумеется, лопасти и наружную поверхность ступицы необходимо полировать.

Валопровод.

Показанный на чертеже корпус дейдвудного подшипника рассчитан на установку радиально-упорного шарикоподшипника №46205. Если такого подшипника нет, следует откорректировать размеры под имеющийся в наличии, способный выдержать нагрузку до 200 кгс при частоте вращения около 4000 об/мин. Можно выполнить этот узел по типу «вихревого» редуктора — с упорным подшипником №8106 и игольчатым 2.109-000 или встроить упорный узел гребного вала в редуктор.

Резинометаллический подшипник можно изготовить самостоятельно, воспользовавшись помощью авторемонтной мастерской. Выточив из бронзы или латуни втулку подшипника, ее заполняют мелко нарезанными кусочками сырой маслобензостойкой резины, применяемой для ремонта автомобильных шин. Втулку вставляют со скользящей посадкой в стальной стакан и уплотняют резину при помощи плунжера, осаживаемого любым прессом. Затем стакан с втулкой помещают на 2,5 часа в варочную плиту. После остывания в резине сверлят отверстие диаметром на 2 мм меньше шейки вала и прорезают вдоль него четыре канавки треугольного сечения для подтока воды, которая в данном случае служит смазкой.

Передний и задний обтекатели показаны на рис. 41.

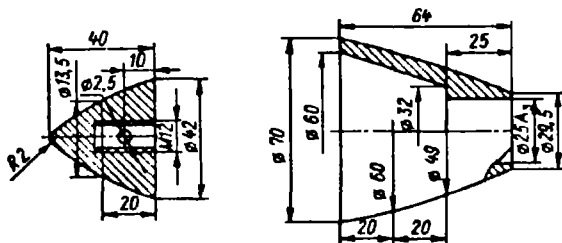


Рис. 41. Обтекатели гребного вала.

Реверсивно-рулевое устройство

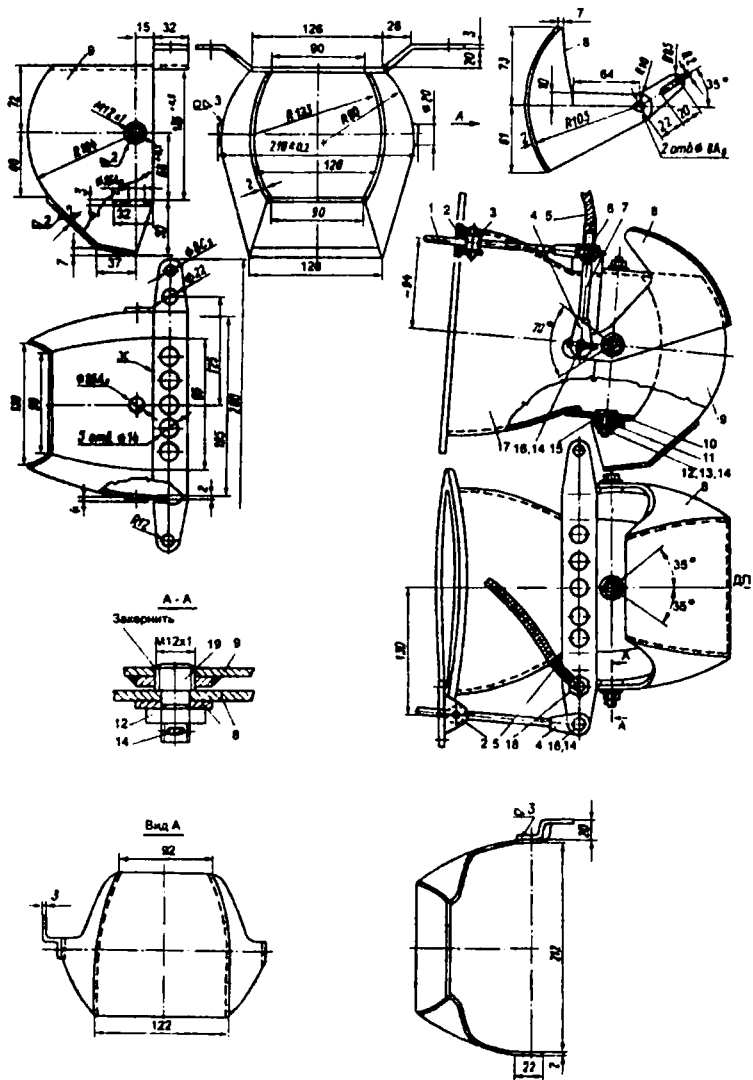
Управление катером по курсу и задний ход в данной конструкции осуществляется, как и на других водометных установках за счет изменения направления струи воды, истекающей из сопла движителя. С этой целью близ торца сопла на его цилиндрической насадке закреплена поворотная насадка 9 (рис. 42), которая имеет возможность поворачиваться относительно вертикальной оси на 35° на оба борта.

На этой насадке шарнирно закреплена заслонка реверса 8, которая для обеспечения заднего хода опускается, перекрывает выходное отверстие насадки 9 и направляет струю по специальному каналу вниз и вперед, под нижний обрез транца. Благодаря тому, что насадка 9 имеет возможность поворачиваться относительно вертикальной оси и при закрытой заслонке, катер сохраняет способность управляться и на заднем ходу, хотя и с меньшим эффектом.

Обе основные детали — насадка и заслонка — изготавливаются из 2-миллиметровой листовой стали (желательно нержавеющей)

Рис. 42. Реверсивно-рулевое устройство

- 1 — шток рулевого привода, $\varnothing 6$ мм; 2 — кронштейн держателя штока; 3 — вращающаяся направляющая штока; 4 — вилка привода, нерж. сталь $\delta = 2$ мм; 5 — трос привода заслонки реверса; 6 — держатель троса; 7 — шток привода реверса; 8 — заслонка реверса; 9 — поворотная насадка; 10 — ось насадки, 2 шт.; 11 — втулка $\varnothing 16 \times 41$; 12 — гайка М8; 13 — шайба 8; 14 — шплинт 1,5x15; 15 — шайба 25x16 $\delta = 2$ мм, латунь; 16 — палец $\varnothing 8 \times 14$; 17 — направляющий аппарат; 18 — гайка М14x1; 19 — цапфа заслонки реверса; 20 — кронштейн рычага реверса; 21 — рычаг реверса $\delta = 3$ мм; 22 — планка 2x20, 2 шт.; 23 — трос привода реверса $\varnothing 1,5 - 2$ мм; 24 — шкив; 25 — кронштейн упора троса реверсивной заслонки.



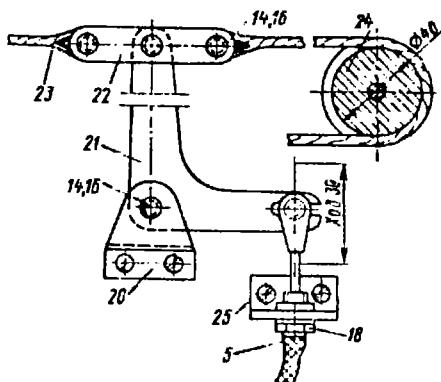


Рис. 43. Испытательный механизм рулевого устройства.
(Нумерация позиции см. рис. 31.)

с применением сварки К насадке сверху приваривается поперечная планка-траверса, служащая для присоединения штуртросов и троса управления заслонкой реверса. Усилия, которые необходимо прикладывать к заслонке и поворотной насадке, сравнительно невелики, что позволяет для их привода применять тросик двойного действия («тяги-толкай») в бoudenовской оболочке. В этом случае рулевой трос присоединяют к одному из плеч траверсы, а второе остается свободным. Если же достать или изготовить такой тросик невозможно, то можно применить обычную штуртросовую проводку, присоединив концы троса к обоим концам траверсы, а середину закрепив на барабане штурвала. Отверстия диаметром 14 мм в траверсе служат только для облегчения конструкции.

Для уменьшения трения при повороте насадки в отверстия неподвижной насадки согла подболты 11 можно запрессовать бронзовые втулки, между грушными поверхностями обеих деталей поставить бронзовые или же латунные шайбы. Все гайки необходимо зашлифовать или закрепить.

На траверсе предусмотрено отверстие для крепления наконечника тросика управления реверсом. Напаянный на конец тросика шток 7 посредством вилки 4 и нагеля 16 соединен с изогнутым рычагом заслонки реверса 8. В случае, если тросик «тяги-толкай» отсутствует, можно применить простой гибкий трос $\varnothing 1,6 - 2,2$ мм. Заслонка будет закрываться при натяжении тро-

сика, а для ее возвращения в исходное положение (переднего хода) придется применить возвратную пружину. Это может быть пружина сжатия, поставленная на шток 7 между траверсой и рычагом заслонки, либо пружина растяжения, закрепленная одним концом к верхней кромке заслонки, а вторым — к специальному обушку на транце.

При изготовлении заслонки и насадки 9 по приведенным чертежам рабочий ход механизма привода должен составить около 30 мм.

Если нет троса двойного действия на полную длину — от рулевого устройства до пульта управления катером, то снаружи на транце лодки можно установить достаточно простой исполнительный механизм, преобразующий горизонтальные перемещения обычного троса натяжного действия, проведенного с пульта управления через систему блоков, в вертикальные перемещения штока 7. Один из вариантов подобных механизмов показан на рис. 43. Сверху механизм закрывается легким кожухом из пластика.

Нечто подобное требуется сделать и для рулевого привода, расположив механизм в горизонтальной плоскости и соединив его штуртросами с барабаном штурвала. В месте прохода штока 1 сквозь транец придется поставить опору штока, которая обеспечивала бы ему небольшие угловые перемещения при переключке руля с борта на борт. Разумеется, проход штока через транец нужно уплотнить мягкой манжетой, предотвращающей попадание в лодку воды, особенно при реверсе.

При испытаниях водомета может обнаружиться, что при поворотах и на заднем ходу масса водных брызг вырывается из-под поворотной заслонки. Чтобы ограничить их распространение, рекомендуется выступающую за транец часть движителя закрыть сверху коробчатым кожухом из тонколистового металла или пластика. Кожух не должен мешать управлению катером, а его боковые кромки должны быть отогнуты вниз на 60-80 мм.

Короткий тросик двойного действия для привода реверсивной заслонки можно изготовить из стальной пружинной проволоки $\varnothing 1,8$ мм, заключенной в обычную бобинную оболочку. При этом жесткость оболочки необходимо увеличить при помощи такой же проволоки, уложенной снаружи вдоль оболочки и прикрепленной к ней обмоткой двумя слоями изоляционной ленты. Конец проволоки припаивается к штоку, причем для надежности соединения проволоку нужно погрузить на глубину

10-15 мм в отверстие, просверленное по центру штока. В качестве штока можно использовать подходящую трубку.

Возможно применение и более простого рулевого устройства с рулем, расположенным у внешнего торца неподвижной насадки цилиндрического или прямоугольного поперечного сечения. Такой руль достаточно эффективен на переднем ходу, а для реверса он разворачивается на 90° , перекрывая выходное отверстие и направляя струю в «носик» - вперед под днище катера. Разумеется, на заднем ходу с таким устройством катер не управляем.

Установка двигателя.

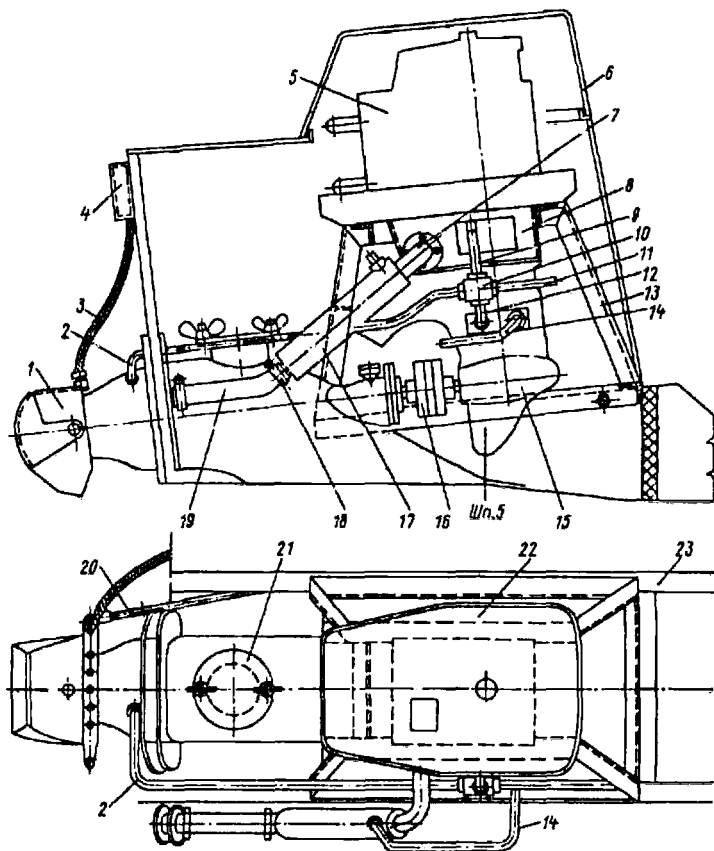
Для привода водомета «Мурены» можно использовать двигатель любого подвесного мотора мощностью свыше 20 л.с. (оптимальным является 30-сильный «Вихрь»), а также двигатели от тяжелых мотоциклов — при условии переделки их на водяное охлаждение и установки редуктора, снижающего частоту вращения гребного вала до 3000 об/мин. При большей частоте вращения КПД движителя будет очень низок, он не разовьет упора, необходимого для преодоления «горба» сопротивления. Особенно, если водомет будет устанавливаться на какую-либо заводскую лодку, имеющую большую, чем у «Мурены» смоченную ширину днища и массу.

В качестве примера приводим общую компоновку двух вариантов механической установки с двигателями от подвесных моторов.

В первом варианте используется двигатель с поддоном и штатный редуктор мотора, которые соединяются в единый агрегат через проставку 8 — коробку сварной конструкции из стали или легких сплавов (рис. 44).

В верхней и нижней плитах проставки делаются отверстия для крепежных болтов поддона и редуктора, для подвода (и отвода) воды в систему охлаждения двигателя, вертикального вала и тяги реверса. Тяга реверса в данном случае может быть использована для разобщения двигателя с водометом только при его запуске, так как вода в систему охлаждения поступает только при работе ротора водомета — за счет напора около 1 м вод. столба, возникающего в потоке за ротором.

От заборного штуцера, вмонтированного в сопло, вода по трубке 10x1 мм поступает в распределительный коллектор. От коллектора предусмотрены три отвода: на охлаждение двигателя, к змеевику, введенному внутрь корпуса редуктора для охлаждения масла, и к манометру низкого давления, установленному на пульте управления лодкой.



**Рис. 44. Механическая установка «Мурена»
с использованием штатного редуктора «Вихря».**

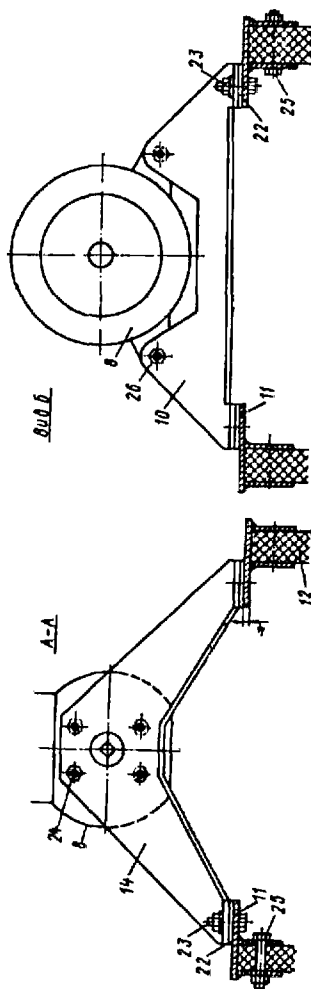
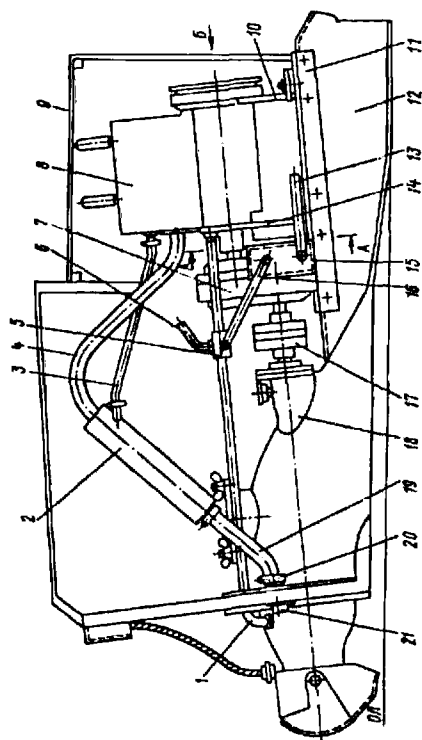
1 – водометный движитель; 2 – трубопровод воды системы охлаждения, $\text{Ø}10 \times 1$; 3 – привод реверсивной заслонки; 4 – исполнительный механизм реверса; 5 – двигатель; 6 – пластмассовый капот; 7 – выпускной патрубок, $d_m = 30$ мм; 8 – проставка; 9 – подвод воды на охлаждение двигателя; 10 – коллектор системы охлаждения; 11 – к манометру на пульте, шланг $d_m = 6-8$; 12 – подвод воды к змеевику в редукторе, трубка $\text{Ø}6 \times 1$; 13 – кронштейн, сварной из угольников $25 \times 25 \times 2$; 14 – отвод воды из редуктора, трубка $\text{Ø}6 \times 1$; 15 – редуктор в сборе; 16 – эластичная муфта; 17 – прокладка; 18 – хомут; 19 – дюритовый шланг $d_m = 30$; 20 – рулевой привод; 21 – смотровой лючок водомета; 22 – поддон двигателя; 23 – стрингер.

Вода из двигателя, пройдя рубашку глушителя, сбрасывается в газо-водонепроницаемую нишу, сваренную внутри проставки под выпускным окном поддона. Вода из змеевика редуктора может быть выпущена непосредственно за борт или, чтобы не делать лишнее отверстие в борту, - в глушитель 17, включенный в выпускной трубопровод. Нижний конец глушителя соединяется с выпускным патрубком в транце при помощи дюритового шланга, благодаря чему, а также впрыску воды в выпускной тракт, происходит заметное снижение шумности работы двигателя и вибрации, передающейся на корпус. С этой же целью, а также для компенсации неточностей центровки вала редуктора с валом движителя, соединение этих валов выполняется через муфту с эластичным элементом.

Специальное внимание следует обратить на соединение коленчатого вала с вертикальным валом редуктора. В подвесном моторе погрешности центровки компенсируются за счет упругости довольно длинного торсионного вала - рессоры. В предлагаемой установке может быть применена короткая жесткая муфта, но при условии самой тщательной центровки обоих узлов. В противном случае для того, чтобы гарантировать достаточный ресурс установки, это соединение лучше выполнить также с упругим элементом.

Разумеется, полумуфты 16 должны крепиться с валом посредством таких же предохранительных штифтов, что и гребной винт на подвесном моторе. Водомет не гарантирован от внезапного заклинивания ротора при попадании в водозаборник крупной гальки или какой-либо палки. Срезание штифтов в этом случае спасет двигатель от серьезной неполадки.

- Рис. 45. Вариант горизонтальной установки двигателя «Вихрь-30».*
- 1 - заборник воды в систему охлаждения; 2 - глушитель; 3 - отвод воды из системы охлаждения двигателя; 4 - выпускной трубопровод $d_{\text{вн}} = 30$ мм; 5 - коллектор системы охлаждения; 6 - отвод к манометру; 7 - редуктор 1:1,25; 8 - двигатель «Вихрь-30»; 9 - съемный капот; 10 - передняя опора (крепится к проушинам стартера);
 - 11 - накладка фундамента, надеваемая на стрингер 12; 12 - стрингер;
 - 13 - отвод воды из рубашки редуктора; 14 - кормовая опора;
 - 15 - водяная рубашка редуктора; 16 - подвод воды в рубашку редуктора; 17 - эластичная муфта; 18 - водометный движитель;
 - 19 - дюритовый шланг; 20 - хомут; 21 - выпускной патрубок с фланцем; 22 - прокладка, сталь; 23 - болт М10х25; 24 - болт с резьбой М8х1,25; 25 - болт М8х50; 26 - болт М8х50.



Двигатель в сборе с проставкой и редук гором устанавливается на сварном кронштейне из металлических угольников, который опирается на продольные стрингеры корпуса и крепится к ним на болтах. Оцентрировать установку с гребным валом можно за счет толщины прокладок, которые ставят между угольниками кронштейна и поддоном двигателя.

Достоинством этого варианта является использование готового редуктора и двигателя без перестановки карбюратора, стартера, системы зажигания. Запуск и обслуживание практически не отличаются от обычного подвесного мотора. Используя гидрореверс, можно найти такое положение заслонки, при котором лодка будет стоять на месте с работающим двигателем. Запуск можно облегчить, открыв разгрузочный кран, сообщающий пространство водозаборника перед ротором с атмосферой (или же разобшив двигатель от водомета при помощи штатной нейтрали).

К недостаткам можно отнести необходимость введения змеевика для охлаждения масла в редукторе, некоторую потерю мощности за счет удаления настроенной системы выпуска отработавших газов, а также увеличенный по высоте габарит установки, вследствие чего капот двигателя выступает над палубой. Впрочем, от последнего недостатка можно избавиться, если наклонить двигатель на левый борт градусов на 60. Если карбюратор установить на проставке, сохраняющей вертикальное положение поплавковой камеры, то наклонное положение практически не скажется на работе двигателя.

Во втором варианте используется двигатель, отделенный от поддона и установленный горизонтально картером вниз (рис. 45).

К фундаменту его крепят при помощи сварных кронштейнов — спереди за отверстия в проушинах под болты стартера и с кормы за четыре отверстия М8х1,5, имеющиеся в нижней крышке картера (они снабжены стальными футорками, обеспечивающими прочность и долговечность резьбы). Для нормальной работы карбюратора его разворачивают на 90°; снимают с передней части двигателя высоковольтные трансформаторы и закрепляют их в более доступных местах. Фланец выпускного патрубка присоединяют непосредственно к выпускному отверстию штатного глушителя, подсоединяют к двигателю подвод и отвод охлаждающей воды.

Наиболее сложным узлом является редук гор с передаточным отношением 1:1,7. В качестве одного из вариантов можно предложить использование редуктора с межцентровым расстоянием

81 мм и косозубыми шестернями с модулем 2,5 мм и шириной зуба 16 мм; корпус и крышки фрезеруются из легких сплавов; снаружи корпус снабжается водяной рубашкой из тонколистового металла. Редуктор может быть установлен вертикально или положен на бок, тогда ось коленвала двигателя оказывается смещенной от ДП на 81 мм.

4.3. Водометная установка «Буран»

В водометной установке «Буран» (авторы Б. Фаинерман и др.) двигатель вместе с переходником (проставкой) устанавливается прямо на верхний фланец водозаборника. Установка разрабатывалась на базе моторов «Вихрь» (рис. 46) и «Нептун» (рис. 47).

Корпус водозаборника, в отличие от обычных конструкции, разделен на две части. Нижняя часть — корпус защитной решетки, изготавливается отдельно и подгоняется точно по обводам днища в зависимости от его килеватости. Такое конструктивное решение облегчает изготовление и механическую обработку водозаборника, а также позволяет применять одну и ту же установку без существенных переделок на лодках с различной килеватостью (ограничением служит лишь максимальная толщина корпуса решетки в ДП, зависящая от угла килеватости днища). Для установки «Буран» толщина корпуса решетки должна быть не более 15 мм, иначе лопасти ротора не захватят необходимое количество воды во время запуска водомета.

Внутри водозаборника с наклоном 5° устанавливается вал с ротором. Один конец вала с наружными шлицами центруется по шлицам промежуточного валика редуктора, а другой опирается на резинометаллический подшипник в ступице спрямляющего аппарата. Для предотвращения закручивания потока и наматывания водорослей и травы, на вал ротора надевается неподвижный кожух-обтекатель, который вставляется в проточку корпуса водозаборника и фиксируется двумя винтами.

К заднему фланцу водозаборника шестью болтами крепится сопло со съемным спрямляющим аппаратом. На сопло можно установить рулевые пластины или реверсивно-рулевое устройство.

Размеры проточной части установки «Буран» рассчитаны на применение двигателей мощностью 18–20 л.с. при 5000 об/мин на глиссирующих лодках со скоростью 35–40 км/час. Максимальное число оборотов ротора водомета 3900 об/мин. При использовании двигателей большей или меньшей мощности размеры

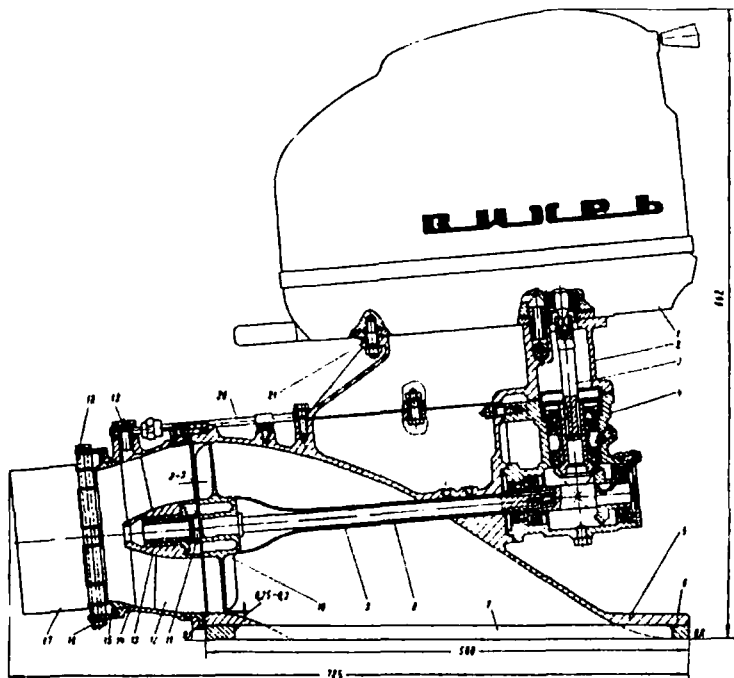
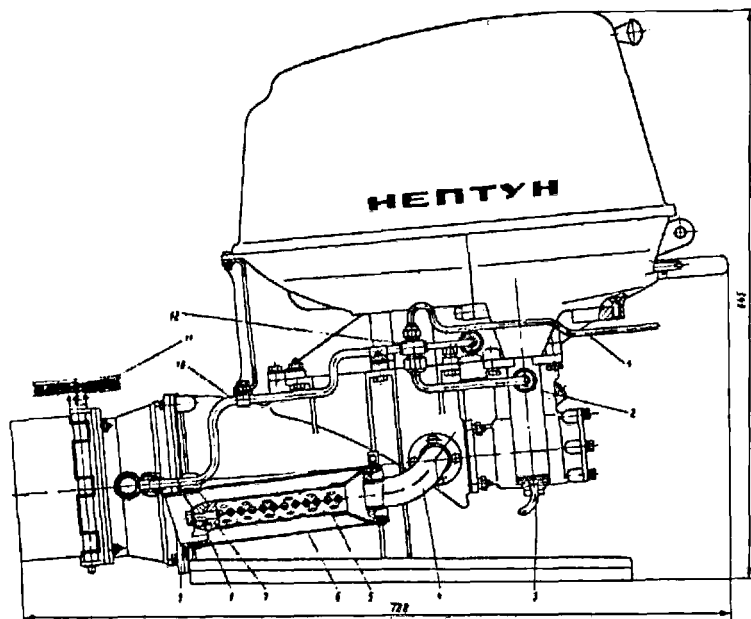


Рис. 46. Общий вид установки с двигателем от «Вихря».

1 — двигатель; 2 — проставка; 3 — рессора; 4 — редуктор; 5 — корпус водозаборника; 6 — корпус решетки; 7 — пластинная решетка; 8 — обтекатель гребного вала; 9 — вал ротора; 10 — ротор 4-лопастной, $D = 179$ мм, $H = 150$ мм; 11 — штифт бронзовый; 12 — лопатка спрямляющего аппарата; 13 — резинометаллический подшипник; 14 — сопло, диаметр на выходе 138 мм; 15 — кольцо-насадка; 16 — ось рулевой пластины; 17 — рулевая пластина; 18 — штуцер забора охлаждающей воды; 19 — трубка отвода охлаждающей воды; 20 — шпилька крепления двигателя; 21 — болт крепления проставки.

ротора и, соответственно, проточной части водомета необходимо существенно изменять, учитывая влияние и таких величин, как водоизмещение судна, сопротивление воды его движению, максимальное число оборотов коленчатого вала и т. д.

Для «Вихря» и «Нептуна» надо изготовить отдельные переходные детали — проставки, но нижний фланец обеих проставок имеет одинаковые посадочные размеры для крепления на водозаборнике. Крепление проставки к поддону двигателя осуществляется



*Рис. 47. Общий вид установки с двигателем от «Нептуна»,
расположение системы охлаждения и выхлопа.*

1 — трубка замера давления воды; 2 — трубка подвода воды к редуктору; 3 — трубка перепускная; 4 — выхлопной патрубок; 5 — гильза глушителя; 6 — рукав дюритовый; 7 — втулка упорная; 8 — обтекатель глушителя; 9 — выхлопной фланец; 10 — трубка отбора воды из сопла; 11 — шкив рулевых пластин; 12 — распределительный коллектор.

болтами. Во внутреннюю полость проставки поступают выхлопные газы вместе с водой, так же как и в подвесном моторе.

Крутящий момент от коленчатого вала двигателя, расположенного в вертикальной плоскости, передается на вал ротора через редуктор. Конические шестерни со спиральным зубом, обеспечивающие плавное и бесшумное зацепление, монтируются в литой корпус из алюминиевого сплава АЛ-9. Смазка радиальных и радиально-упорных подшипников и шестерен осуществляется маслом, заливаемым в корпус редуктора.

Предусмотрено принудительное охлаждение водой, отбираемой от распределительного коллектора общей системы охлаждения и подаваемой в канал, расположенный по всей высоте стенки редукто-

ра. Через соединительную трубку вода подается к другому вертикальному каналу и выбрасывается внутрь одного из глушителей. На выходе из канала, в штуцере устанавливается дроссель для регулировки расхода воды в зависимости от степени нагрева стенок корпуса.

Основное требование, предъявляемое к сборке редуктора, – это обеспечение монтажного зазора между зубьями шестерен в пределах 0,1–0,25 мм. На промежуточный валик сначала устанавливается сегментная шпонка, затем ведомая шестерня, напрессовываются два шарикоподшипника и весь узел вставляется в корпус. Собранный таким же образом узел ведущей шестерни с шарикоподшипниками и распорной втулкой вставляется вертикально, после чего по индикатору определяется зазор в зубьях. Величина зазора регулируется за счет толщины регулировочных шайб. На хвостовик ведущей шестерни и промежуточный валик монтируются резиновые манжеты – сальники. Собранный редуктор на шпильках крепится к торцевой стенке выхлопного коллектора и на болтах – к нижнему фланцу проставки.

Охлаждающая вода поступает к распределительному коллектору общей системы охлаждения по трубопроводу (сечение 10x8) из сопла водомета за счет статического давления порядка 0,6–1,1 кг/см². Непосредственно к двигателю вода поступает через штуцер, ввернутый в прилив проставки, и соединительную трубку. Для контроля за давлением в общей системе охлаждения на приборном щитке устанавливается манометр.

На данной установке применены два выносных глушителя, обеспечивающих достаточное снижение шума выхлопа. Выхлопные газы вместе с водой попадают в них через два патрубка Ø 30 мм. Для удобства монтажа и возможности удаления нагара из внутренних полостей глушитель сделан разборным. К фланцу патрубка при помощи прорезного замка подсоединена гильза, фиксируемая сверху дюритовым шлангом Ø 80 мм. Со стороны выхода газов гильза центруется по втулке и притягивается к ней болтами. Втулка тремя лопатками соединена с задним фланцем глушителя. Дюритовый шланг не только обеспечивает безопасность эксплуатации, но и значительно снижает шум и вибрацию.

Наибольшие затруднения, возникающие при монтаже водометов, обычно связаны с необходимостью установки водозаборника точно по ДП и его уплотнением. Для установки водомета «Буран» предлагается конструкция корпуса лодки с внутренним транцем и силовой рамой для крепления водозаборника (рис. 48).

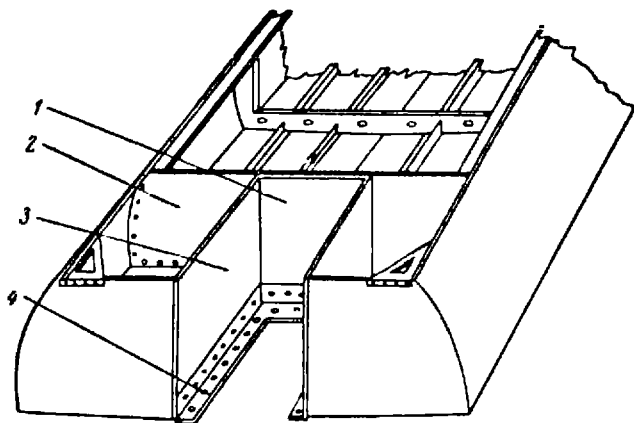


Рис. 48. Конструкция кормы для установки «Буран».

1 — внутренний транец; 2 — дополнительная переборка; 3 — водонепроницаемые переборки; 4 — силовая рама для крепления водомета.

Данная схема не требует герметизации по транцу и позволяет разбирать и снимать водомет, не нарушая герметичности самого корпуса судна.

4.4. Необычные стационарные водометы

1. Любитель-водномоторник Л. Малхасян для своей самодельной пенопластовой байдарки изготовил водомет на базе хозяйственного насоса ЦБН-2, который используется для перекачки воды с приводом от мотора бензопилы «Дружба». При мощности 4 л.с. весь агрегат весит всего 9 кг. Конструкция бензопилы, рассчитанная на работу в самых тяжелых условиях весьма надежна и долговечна.

С цилиндра двигателя было снято оребрение и заменено рубашкой водяного охлаждения. Охлаждающая вода отбирается из напорной трубы, поступает в рубашку охлаждения, а оттуда по отводящей трубке через глазок, расположенный на корпусе насоса, в водозаборник. Площадь сечения кольцевого сопла (между выпускной трубой и водоводом), которым заканчивается напорная труба — $1,5 \text{ см}^2$. При таком сечении сопла движитель развивает тягу 11 кг при 4500 об/мин, что позволяет байдарке с четырьмя пассажирами развивать скорость около 10 км/час.

Схема установки водомета показана на рис. 49.

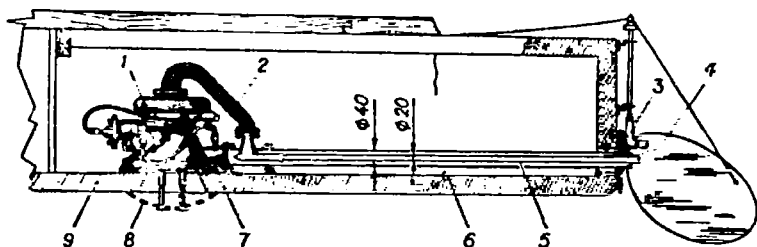


Рис. 49. Установка водомета на байдарке.

1 — насосный агрегат ЦБН-2; 2 — выпускной патрубок; 3 — уплотняющая резиновая шайба; 4 — сопло; 5 — выпускная труба; 6 — напорный водовод; 7 — прокладка, микропористая резина; 8 — решетка водозаборника; 9 — корпус байдарки.

Выхлопные газы по трубопроводу, расположенному внутри напорной трубы, через эжектор выбрасываются в заборную воду. Такая система позволяет сильно уменьшить шум при работе двигателя, практически ликвидировать дым при выхлопе и улучшить продувку цилиндра.

Конструкция водяного охлаждения показана на рис. 50.

2. Простейший водомет для 8,5-метрового водоизмещающего катера с обводами «Суперкосатки» был сделан В. Чураевым из отслужившего свой срок насоса для перекачки сточных и фекальных вод. В качестве двигателя был использован тракторный дизель мощностью 18 л.с.

Изготовление поворотного-реверсивного устройства также было предельно упрощено — применили два крутозагнутых на 90° колена, подобрав диаметр по патрубку насоса (рис. 51).

Нижнее колено может поворачиваться на 360° за счет приваренного фланцевого соединения. На выходном конце поворотного колена приварено сопло, проходное сечение которого подбирается по результатам испытаний катера. Такое поворотное устройство можно установить как за транцем катера, так и в днище.

Относительно низкий к. п. д. водомета компенсировался практически неограниченной вездеходностью катера: водоросли и даже мелкие ветки беспрепятственно проходили через водоводы и насос. Маневренность катера также была на высоте — он разворачивался практически на месте.

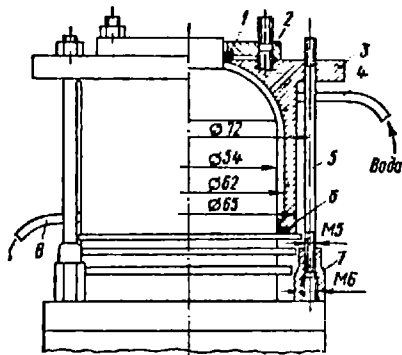


Рис. 50. Конструкция водяного охлаждения двигателя.

- 1 — прокладка, паронит; 2 — верхний фланец, дюралюминий;
 3 — рубашка охлаждения, дюралюминий; 4 — подводящий патрубок;
 5 — шпилька M5; 6 — прокладка, паронит; 7 — переходная гайка
 M6xM5; 8 — отводящий патрубок.

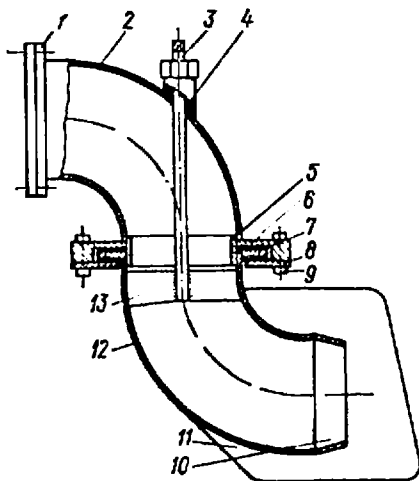


Рис. 51. Конструкция поворотного водометного движителя.

- 1 — соединительный фланец; 2 — неподвижный напорный водовод;
 3 — баллер; 4 — подшипник баллера, текстолит; 5 — центрирующий
 стакан; 6 — верхний фланец; 7 — прокладки, фторопласт; 8 — нижний
 фланец; 9 — крепежные болты; 10 — сопло; 11 — перо руля;
 12 — поворотный напорный водовод; 13 — пластины крепления баллера
 к поворотному водоводу, 4 шт.

5. Подвесные водометные моторы

5.1. Плюсы и минусы подвесных водометов

Если сравнивать положительные и отрицательные стороны подвесных водометов и стационарных установок, то картина такого сравнения будет почти такой же, как и при оценке моторов с гребными винтами. В обоих случаях подвесные моторы не занимают места в кокпите, не требуют вырезов в днище и транце, без которых не обходится установка стационарных движительно-силовых комплексов. Кроме того, «подвесник» гораздо проще отремонтировать во время эксплуатации.

Как известно, в водомет можно превратить практически любой подвесной мотор — достаточно лишь изготовить водометную насадку и установить ее вместо гребного винта. Этот подход в течение нескольких десятилетий используется многими фирмами, и наработанный ими опыт мог бы оказаться полезным для наших моторостроителей.

Из зарубежных конструкций в свое время были распространены насадки, выполненные по осевой схеме. Это были одноступенчатые водометы с конфузорным водоводом, входное и выходное отверстия которого располагаются на одной оси. Одной из первых конструкций такого рода был итальянский водомет «Гасалжет 7Ф-1», габаритная схема которого приведена на рис. 52.

«7Ф-1» состоит всего из пяти деталей, монтируемых непосредственно на редукторе обычного подвесного мотора. Этот движитель был спроектирован для среднего класса скоростных и туристских лодок с подвесными моторами мощностью 35-55 л.с. «7Ф-1» испытывался еще в конце шестидесятых годов на тримаране «Хантер делла Вега» весом 180 кг, длиной 4,2 м и шириной 1,7 м (туристский вариант) и катамаране «Сопа-пластик» (ско-

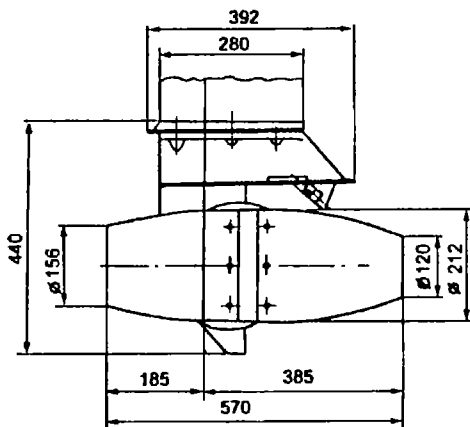


Рис. 52. Габаритная схема водометной насадки типа «Гасаждет 7Ф-1» на подвесном моторе.

ростной вариант). Эта лодка отличается тем, что на высоких скоростях она идет только на поплавках с большой аэрацией винта.

Результаты показали, что на всех возможных режимах лодки имели высокую маневренность, на полном ходу при волнении просасывания воздуха к рабочему колесу не наблюдалось. На заросших участках водоросли не мешали движению, поскольку они перемалывались лопастями насоса, имеющими специальную конфигурацию.

И все же, эта приставка в серию не пошла. Здесь сыграли роль несколько существенных факторов. Во-первых, значительная габаритная осадка, практически не увеличивала проходимости судна по сравнению с винтовым вариантом. Кроме того, низкий к. п. д. колеса водомета и большое гидродинамическое сопротивление подводной части (водовод при диаметре 212 и длиной 570 мм имеет суммарную площадь наружной и внутренней поверхностей свыше 0,7 м²). Примерно такие же характеристики имели насадки американской фирмы «Халл Марин», которые также не пошли в серию.

Казалось бы, подвесной водомет с осевым насосом и горизонтальным всасывающим отверстием (расположенным параллельно днищу) теоретически мог бы воспринять большинство положительных качеств стационарной установки с водометным двигателем — малую осадку, более высокий, чем у цент-

робежного насоса, к. п. д., хорошую управляемость при ходе на волнении, полную безопасность для людей, оказавшихся в воде рядом с катером.

Однако компоновка подвесного мотора, имеющего вертикальный вал, с осевым насосом возможна только при помощи углового редуктора. Необходимость иметь еще и гарантированную нейтраль приводит к тому, что подвесной водометный мотор средней мощности (например, около 20 л.с.) практически неизбежно оказывается конструктивно более сложным, чем винтовой.

Так как водовод в подвесном варианте расположен за пределами днища катера и имеет большие размеры, а всасывающее отверстие для предотвращения просасывания воздуха, особенно на поворотах, должно быть опущено несколько ниже днища, сопротивление подводной части мотора становится довольно велико и сопоставимо с сопротивлением редуктора винтового варианта.

На современных крупных лодках, имеющих обводы типа «глубокое V» с углом внешней килеватости днища на транце 15-20°, сопротивление водовода возрастает еще больше.

Немаловажно и другое обстоятельство. Известно, что оптимальный к. п. д. движителя достигается при вполне определенном сочетании скорости и тяги. Теоретически, при винтовом подвесном моторе достаточно иметь набор гребных винтов с различным шаговым отношением чтобы «подогнать» мотор под любую лодку. Другими словами, мотор с набором винтов универсален, его можно эффективно применять на лодках водоизмещением и 200 кг, и 600 кг, получая высокие технико-экономические показатели.

С водометом же все обстоит сложнее. Конкретные параметры водовода и осевого насоса также рассчитываются на строго определенные условия эксплуатации, и перенастроить водомет далеко не так просто, как поменять гребной винт. Правда, с помощью сменных насадок в некоторых пределах можно менять скорость струи на выходе из сопла, однако эту меру нельзя отнести к кардинальным. Отсутствие возможности подогнать водомет к определенному корпусу становится настоящей проблемой для так называемого «погребительского» водомета, который должен быть универсальным.

Другой проблемой водометов является небогатый выбор между осевым и центробежным насосом.

Среди минусов первого варианта основным является уязвимость рабочего колеса. Дело в том, что зазор между рабочим колесом осевого водомета и обечайкой водовода берется обычно в пределах до 0,5% диаметра колеса, т.е. при диаметре, например, 150 мм зазор равен 0,5-0,75 мм. При попадании в этот зазор увлекаемого погоком воды песка происходит интенсивный эрозионный износ лопастей. Поэтому при постоянной эксплуатации мотора на мелководье движитель сравнительно быстро приходит в негодность.

Рабочее колесо насоса центробежного типа значительно меньше подвержено эрозии (отсутствуют малые зазоры), однако его применение резко снижает КПД движителя.

Практика показывает, что даже тщательный анализ плюсов и минусов подвесных водометов с насосами разной конструкции не позволяет сделать однозначный вывод в пользу того или иного варианта. Например, для охотника или рыбака более пригодным может быть водомет мощностью 2-8 л.с. с простейшим центробежным насосом. Даже в том случае, если его тяга будет на 50% меньше, чем у винтового варианта, возможность обследовать заросшие травой мелководья выходит на первый план.

Для водометов мощностью 20-30 л.с. весьма удобной была бы «полуподвесная» схема, когда моторная головка серийного подвесного мотора поворачивается на 90° так, чтобы ось коленчатого вала была горизонтальной. Головка ставится внутри корпуса на транец, конец вала выводится наружу и напрямую соединяется с выносным водометом, навешенным на транец снаружи. При этом отпадает необходимость в угловой передаче. Гидравлическое реверсивно-рулевое устройство может обеспечить надежный реверс и нейтраль без применения специальной механической муфты. Приблизительно такая конструкция использована на установке «Амур-25», опытный образец которой был изготовлен еще в конце шестидесятых.

Однако история попыток освоения промышленного производства водометов в нашей стране по своей болезненности практически не отличается от историй подавляющего большинства перспективных начинаний.

Так, еще в начале семидесятых испытывался опытный образец водометной приставки центробежного типа для мотора «Прибой» (рис. 53).

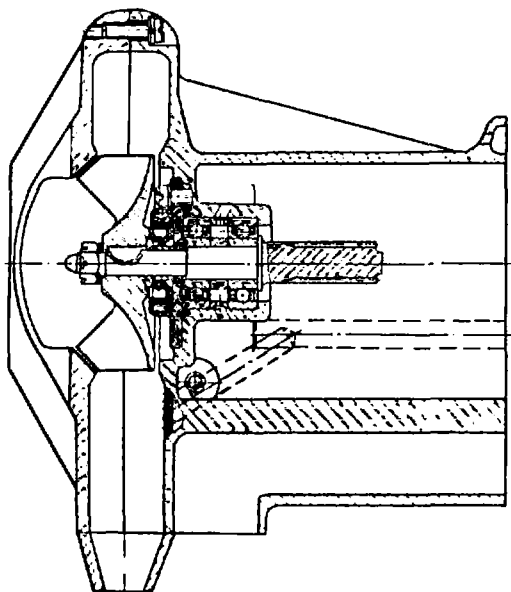


Рис. 53. Конструкция водометной приставки к «Прибою».

Однако результаты стендовых испытаний оказались ниже средних. Центробежный насос не позволял мотору развивать приемлемый упор — он на 60% был ниже, чем у винтового варианта. Осевой же насос, имеющий более высокий к. п. д., был слишком громоздким и имел недопустимо большое гидродинамическое сопротивление. На этом работы с водометным «Прибоем» были прекращены.

Проводимые в те же годы разработки по водометам на базе «Москвы-12,5» («Комета») и «Москвы-25» показали вполне приличные тяговые и скоростные характеристики этих вариантов. Однако и эти изделия в серию не были запущены из-за министерских неувязок и определенных конструкторских недоработок. В частности, натурные испытания «Кометы» выявили невысокую надежность ротора — мелкая галька, попадая в зазор между ним и спрямляющим аппаратом, довольно быстро выводила из строя движитель.

На Ульяновском моторном заводе в свое время были предприняты попытки разработать водометы на базе 5-сильной «Стрелы» и 2-сильного «Салюта» с центробежными насосами. Здесь, как и в

случае с «Прибоем», камнем преткновения оказался шнурки К.ПД приставок. Многие специалисты и конструкторы считали, что наиболее рентабельными могут быть водометы малой мощности, сконструированные по элементарной схеме — центробежный насос на рессоре без конического редуктора. Эта компоновка имеет небольшие габариты и проста в эксплуатации. Определенная потеря в скорости по сравнению с винтовым вариантом при таких мощностях не должна иметь решающего значения.

Однако известно и то, что чем меньше мощность двигателя, тем заметнее падение скорости лодки с водометным двигателем. Например, эксплуатация мотора до 5-8 л.с. практически исключает глиссирование, а на водоизмещающей лодке винт и так защищен ее килем — водомет здесь не нужен. При мощности 10-15 л.с., когда винтовой вариант лодку водоизмещением до 300 кг выводит на глиссирование, водометный вариант оказывается недостаточно мощным. В этих случаях более рационально применять водометы с двигателем мощностью не менее 20 л.с.

5.2. Водомет «Ветер»

Среди первых отечественных разработок такого рода представляет интерес подвесной водомет «Ветер» на базе мотора «Вихрь», промышленный образец которого был изготовлен еще в 1970 году. Выступающий ниже днища всего на 15-20 мм водозаборник водомета практически защищен корпусом и обеспечивает проходимость лодки на глубинах до 30 см. При плавании по сильно засоренным или заросшим водоемам, когда приходится снижать обороты, т. е. на водоизмещающий режим, скорость поступления воды в водозаборник уменьшается, и засасывания водорослей не происходит.

Применение мощного двигателя связано и с определенными техническими трудностями. Как известно, подобные моторы должны быть оборудованы разъединительной муфтой, обеспечивающей нейтральный ход. Для этого на водомете должна быть установлена специальная помпа охлаждения, так как на нейтрале подача воды из зоны повышенного давления двигателя невозможна.

Среди других достоинств водомета необходимо упомянуть высокий удельный упор (кг/л.с.), который обычно на 20-25% больше, чем у винтового двигателя. Это позволяет быстрее выходить

на глиссирование, что, в свою очередь, значительно повышает маневренность лодки. Например, водомет позволяет совершать повороты даже на максимальной скорости, причем диаметр циркуляции составляет 1-1,5 длины корпуса. Это, как известно, втрое меньше, чем при использовании гребного винта.

Схема водомета показана на рис. 54.

Основные характеристики движителя:

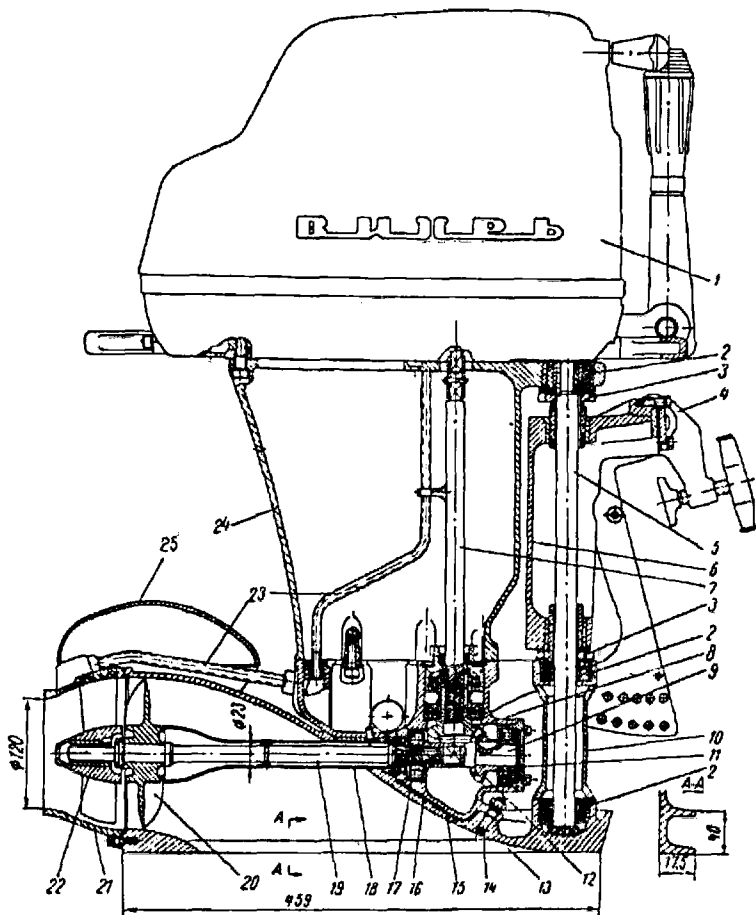
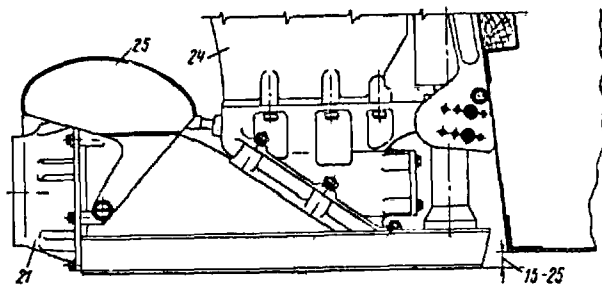
<i>Диаметр ротора, м</i>	<i>0,143</i>
<i>Число лопастей ротора</i>	<i>4</i>
<i>Дисковое отношение</i>	<i>0,9</i>
<i>Шаг ротора, м</i>	<i>0,130</i>
<i>Максимальное число оборотов ротора, об/мин</i>	<i>4580</i>
<i>Площадь выходного сечения сопла, м²</i>	<i>0,0115</i>
<i>Относительное сжатие сопла</i>	<i>0,788</i>
<i>Число лопаток спрямляющего аппарата</i>	<i>5-6</i>
<i>угол установки лопаток спрямляющего аппарата</i>	<i>18°</i>

По своим пропульсивным характеристикам данный водомет не уступает многим отечественным винтовым моторам. Поэтому, несмотря на почтенный возраст данной разработки, пред-

Рис. 54. Схема подвесного водометного мотора «Ветер».

1 — двигатель лодочного мотора «Вихрь»; 2 — резиновый амортизатор; 3 — гайка регулировки положения движителя по высоте относительно днища лодки; 4 — опора подвески; 5 — ось поворота мотора; 6 — корпус подвески; 7 — вертикальный вал (рессора); 8 — шестерня ведущая, Z = 19; 9 — промежуточный валик редуктора; 10 — распорная втулка; 11 — подшипник радиально-упорный № 36204; 12 — шестерня ведомая, Z = 20; 13 — пластина защитной решетки (7 шт.);

14 — шпилька крепления корпуса редуктора к водозаборнику М8 (5 шт.); 15 — водозаборник; 16 — корпус редуктора; 17 — подшипник радиальный № 205; 18 — обтекатель; 19 — вал ротора; 20 — ротор четырехлопастный; 21 — сопло; 22 — ступица спрямляющего аппарата; 23 — трубка отбора воды в систему охлаждения; 24 — дейдвуд; 25 — реверсивная заслонка.



ставляется целесообразным остановиться на конструктивных особенностях водомета.

Водозаборник этого мотора имеет по периметру две шайбы. Нижняя шайба служит для формирования потока на входе в водозаборник и устранения возможности прососа воздуха в приемное отверстие по корпусу водозаборника, верхняя — для уменьшения брызгообразования и замыкания корпуса потоком воды. Этим достигается значительное снижение сопротивления водозаборника (рис. 55).

На корпусе водозаборника имеются приливы для крепления редуктора с помощью 5 шпилек М8. При изготовлении водозаборник можно отливать заодно с корпусом редуктора.

Спрямяющий аппарат также может быть выполнен заодно с корпусом сопла или съемным. В первом случае стальные лопатки устанавливаются в форму для отливки ступицы аппарата и корпуса сопла. Для прочного сцепления с материалом сопла и ступицы (силумин) на торцевых кромках спрямяющих лопаток выполняются насечки в виде зубцов.

При изготовлении съемного спрямяющего аппарата лопатки привариваются к ступице и наружному кольцу, имеющему посадочный диаметр 150 мм. Съемный спрямяющий аппарат удобен тем, что позволяет быстро заменять лопатки или зачищать поврежденные кромки в условиях эксплуатации.

Другие же основные детали этого водомета не имеют принципиальных отличий от деталей описанных выше моделей. Размеры ротора приведены на рис. 56.

Реверсивное устройство выполнено в виде заслонки, прикрепленной к соплу. Ее поворот, изменяющий направление вытекающей струи, осуществляется посредством шарнирных тяг.

Предусмотрена регулировка положения двигателя относительно днища лодки, позволяющая применять мотор на лодках с разной высотой транца (от 380 до 405 мм). Регулировка осуществляется вращением двух гаек, ввернутых в корпус подвески мотора. Максимальная скорость лодки достигается при глубине погружения носка водозаборника ниже днища на 15–20 мм.

Испытания мотора, проведенные авторами разработки на «Казанке», показали, что лодка с одним человеком выходит на глиссирование за 6 сек., проходя 25 м; с четырьмя пассажирами — за 9 сек., проходя 45 м.

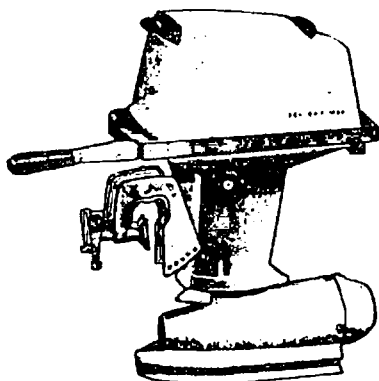


Рис. 55. Общий вид

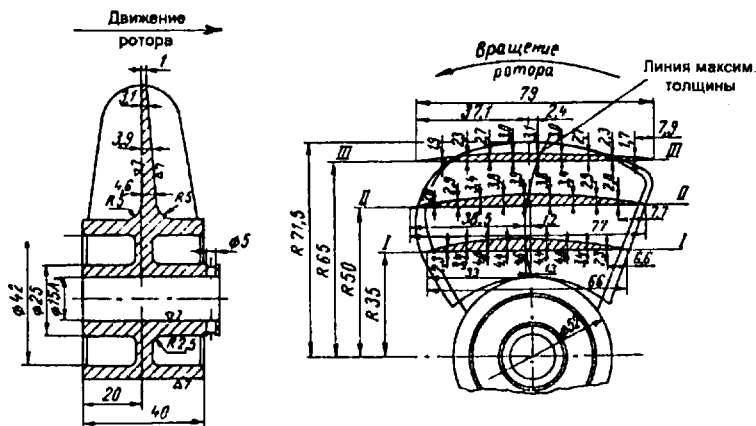


Рис. 56. Ротор.

5.3. Водометы на базе мотора «Ветерок-12».

Вариант 1

Одной из наиболее удачных конструкций подвесных водометов, на наш взгляд, следует признать водомет П. Атаманова, разработанный на базе мотора «Ветерок-12» (рис. 57).

В этом водомете удалось сохранить без изменения серийную подвеску, поддон, систему управления и, естественно, двигатель.

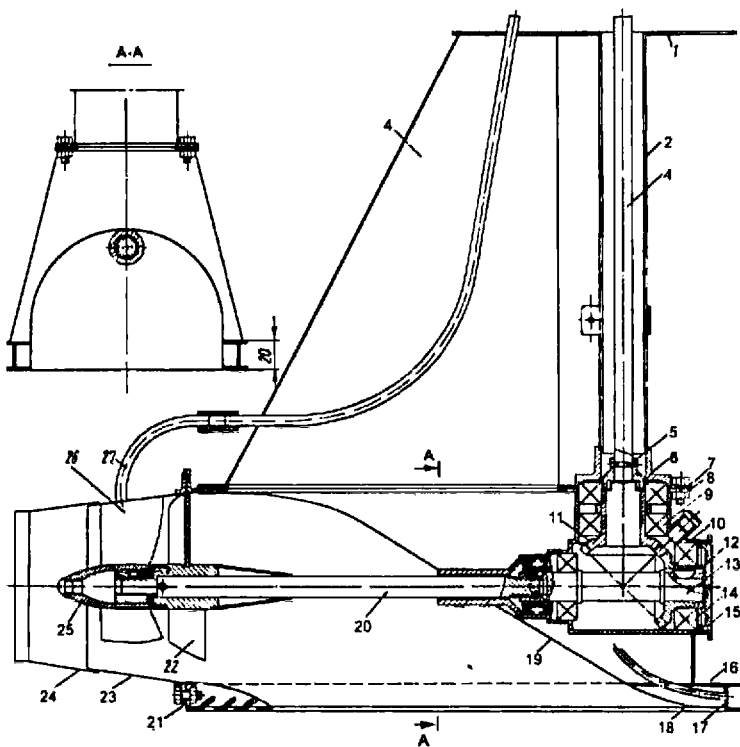


Рис. 57. Водометный движитель для мотора «Ветерок-12»

1 — верхний фланец дейдвуда; 2 — кожух торсионного вала; 3 — выпускной тракт дейдвуда; 4 — торсионный вал; 5 — кулачковая муфта; 6 — крышка корпуса угловой передачи; 7 — нижний фланец дейдвуда; 8 — верхний фланец водовода; 9 — подшипник №206; 10 — корпус угловой передачи; 11 — ведущая шестерня; 12 — ведомая шестерня; 13 — вал угловой передачи; 14 — подшипник №206; 15 — передняя крышка корпуса угловой передачи; 16 — брызгоотбойник; 17 — обтекатель; 18 — входной фланец водовода; 19 — водовод; 20 — гребной вал; 21 — выходной фланец водовода; 22 — рабочее колесо; 23 — спрямляющий аппарат; 24 — сменное выходное сопло; 25 — ступица спрямляющих лопаток; 26 — спрямляющие лопатки; 27 — трубопровод системы охлаждения двигателя.

Конструкция водометного движителя и технология изготовления деталей была выбрана исходя из возможностей небольшой мастерской. Основными технологическими процессами являются слесарная обработка заготовок и электросварка.

Дейдвуд мотора полностью сварной и включает выхлопной тракт и кожух торсионного вала. Верхний фланец дейдвуда полностью соответствует верхнему фланцу серийной дейдвудной трубы мотора и при изготовлении размечается по нему. Выхлопной тракт коробчатый прямоугольной конструкции сварен из листовой стали толщиной 1 мм. Для увеличения жесткости стенок на них можно сделать вертикальные гофры или изнутри приварить ребра жесткости. Снизу дейдвудной трубы приварен фланец для соединения на болтах с фланцем водометного движителя.

Водовод сварен из двух симметричных половинок, вытянутых вручную из стального листа толщиной 1 мм в песчано-цементных матрицах. Сварку половинок нужно делать на болване, по которому изготавливались матрицы, обжав водовод хомутами. Детали рабочего колеса, водовода и спрямляющего аппарата приведены на рис. 58.

Для передачи вращения от вертикальной рессоры к горизонтальному гребному валу служит конический редуктор с передаточным отношением 1. Корпус угловой передачи сварен из двух деталей — нижнего корпуса и вертикального стакана. Если нет в наличии расточного оборудования детали можно выточить на токарном станке, а затем сварить на составной угловой оправке.

После сварки корпуса редуктора он приваривается к водоводу и верхнему фланцу водовода. Для обеспечения соосности приварку необходимо делать с собранными подшипниковыми узлами и валами редуктора. Затем к водоводу привариваются брызгоотбойник, входной фланец и обтекатель. Сверление отверстий для крепежных болтов во фланце дейдвуда и водовода производится одновременно. Для удобства монтажа и демонтажа гайки можно приварить к фланцу водовода.

Шестерни (рис. 59) изготавливаются из углеродистой цементуемой стали Ст10 или Ст20 и до цементации и закалки прикатываются до получения удовлетворительного пятна контакта при проверке на краску. Характеристики зацепления: тип зуба прямой; число зубь-

ев — 19; модуль — 3; коэффициент смещения исходного контура — 0; угол делительного конуса — 45° ; угол конуса впадин — $39^{\circ} 54'$.

Регулировка зазора в зацеплении производится шайбами, устанавливаемыми под крышку корпуса редуктора и переднюю крышку угловой передачи.

Контроль и проверка правильности зацепления производится через патрубок, служащий и для заливки масла. Применение любителями для изготовления шестерен легированных сталей нецелесообразно из-за сложности термообработки.

Горизонтальный вал редуктора пустотелый и связан с гребным валом внутренним шлицевым соединением. Задний конец вала опирается на подшипник №204 и в месте выхода в полость водовода уплотнен двумя резиновыми манжетами $40 \times 20 \times 9$. Детали механической передачи изображены на рис. 60.

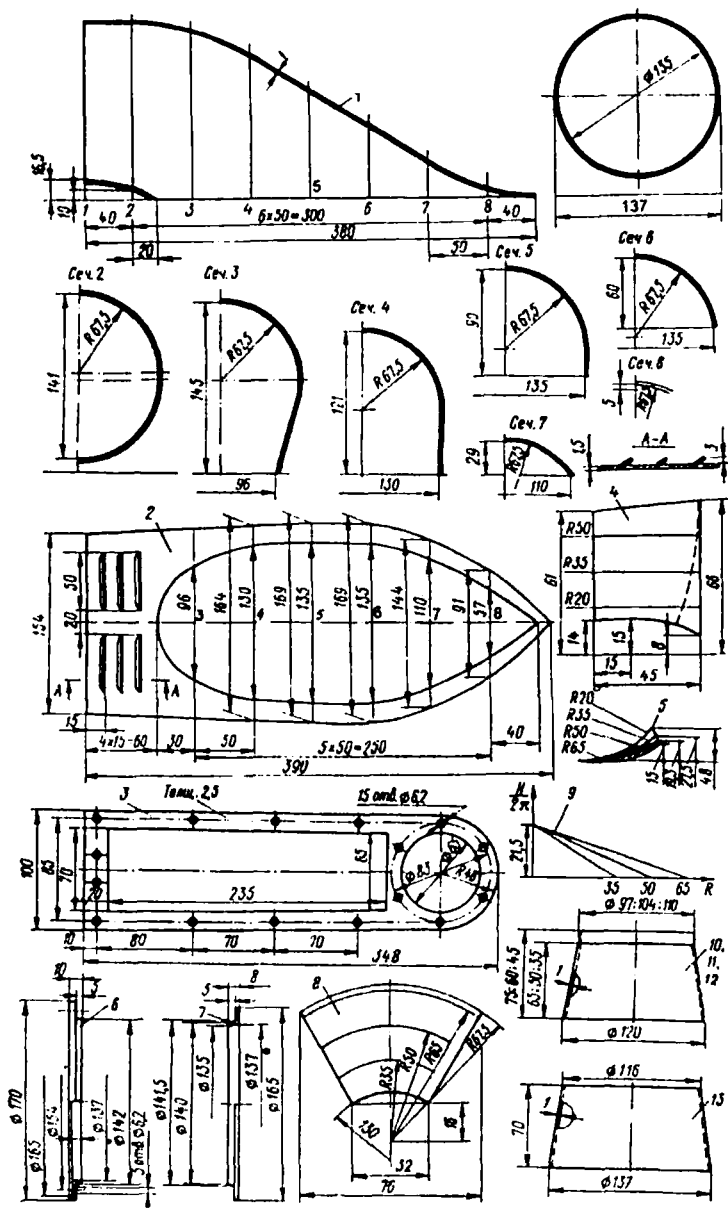
Гребной вал имеет наружные шлицы для соединения с валом редуктора. Другим концом он установлен в бронзовый подшипник спрямляющего аппарата; в вале просверлено отверстие $\varnothing 4$ мм для штифта рабочего колеса.

Рабочее колесо трехлопастное с диаметром и шагом, равными 134,5 мм и дисковым отношением 0,75. Изготовлено колесо приваркой к ступице заранее согнутых лопастей, изготовленных из стали толщиной 2,5 мм. Окончательно шаг доводится холодной ковкой и проверяется на плите по шаговым угольникам.

Пятилопастной спрямляющий аппарат прикреплен к водоводу фланцевым соединением. Лопатки нужно делать из стали толщиной не менее 3 мм — спрямляющий аппарат должен иметь достаточный запас прочности, так как его значительно сложнее изготовить, чем рабочее колесо.

После приварки лопаток к ступице они протачиваются на станке по наружному диаметру для подгонки к конусу спрямляющего аппарата и привариваются к нему. В ступицу запрессовывает-

Рис. 58. Детали водовода, спрямляющего аппарата и рабочего колеса. 1 — водовод; 2 — входной фланец водовода; 3 — нижний фланец дейдвудной трубы и верхний фланец водовода; 4 — спрямляющая лопатка (развернутый контур); 5 — схема построения (шаговые угольники) спрямляющей лопатки; 6 — выходной фланец водовода; 7 — фланец спрямляющего аппарата; 8 — лопатка рабочего колеса; 9 — шаговые угольники рабочей лопатки; 10, 11, 12 — сменные сопла; 13 — конус спрямляющего аппарата.



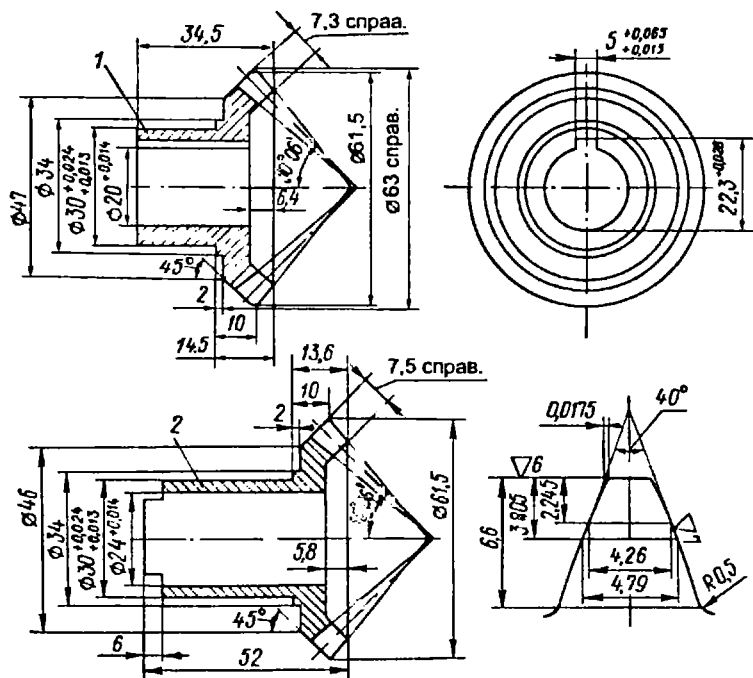


Рис. 59. Шестерни угловой передачи.

1 — ведомая шестерня; 2 — ведущая шестерня

сы бронзовый подшипник гребного вала. Внутренняя смазочная полость подшипника уплотняется торцевым резиновым уплотнением. В этом узле можно использовать и резиновый подшипник, смачиваемый водой

Сменные выходные конические сопла с небольшим цилиндрическим участком на выходе крепятся к спрямляющему аппарату гребя винтами М5.

Глушение шума выхлопа происходит за счет расширения выхлопных газов в большом объеме дейдвудной трубы и вывода их между стенками водовода и обтекателя через прорези в задней части всасывающего фланца водовода под уровень воды.

Охлаждение па двигатель подводится по трубке $\varnothing 8-10$ мм от спрямляющего аппарата. Мотор не имеет холостого хода и поэтому при работе охлаждение обеспечивается постоянно. Охлаждение редуктора производится через трубку, введенную в обтека-

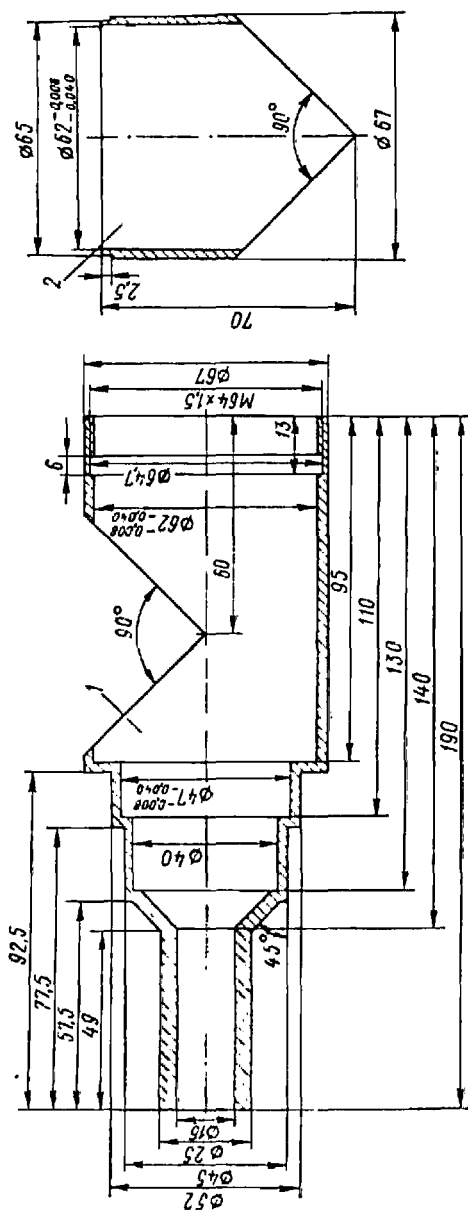


Рис. 60. Детали механической передачи (начало).

1 — горизонтальная часть корпуса угловой передачи; 2 — вертикальный стакан корпуса угловой передачи; 3 — верхняя крышка корпуса; 4 — горизонтальный вал передачи; 5 — гребной вал; 6 — ступица спрямляющих лопаток; 7 — ступица гребного колеса; 8 — обтекатель гребного вала; 9 — ступица спрямляющего аппарата.

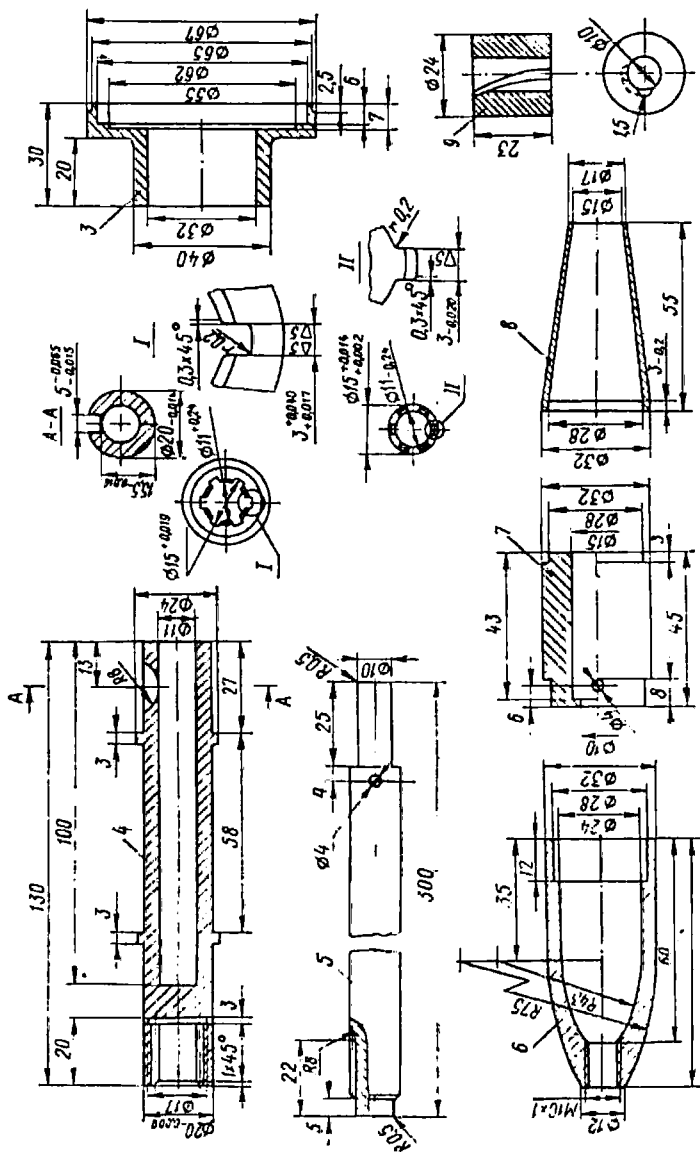


Рис. 60. Детали механической передачи (окончание).

тель между брызгоотбойником и плитой водовода. Отсутствие реверса значительно упрощает конструкцию; в то же время на малых оборотах упор водомета настолько мал, что лодка практически стоит на месте.

Вариант 2

Эта конструкция была предложена Ф. Михсевым, эксплуатировавшим свой водомет на серийной лодке «МКМ», которая при водоизмещении 450 кг выходила на глиссирование и шла со скоростью 20-22 км/час.

Заглубление передней верхней кромки водозаборника по отношению к днищу составляет всего 25-30 мм, а самой нижней точки — 110-120 мм. Наклон входного отверстия водовода исключает подсосывание его к грунту, а при движении на волне препятствует подсосывание воздуха. Кроме того, наклонная передняя часть водовода играет роль своеобразного стабилизатора, уменьшающего дифферент лодки при выходе на глиссирование.

Водомет изготовлен с использованием штатного редуктора, крепящегося к дейдвуду мотора на специальном фланце (рис. 61). В случае необходимости замена водометного движителя винтовым занимает 10-15 минут.

При изготовлении водомета на листе металла размечают развертки водозаборника, обечайки, спрямляющего аппарата и шести его лопастей (рис. 62).

Заготовки вырезаются, зачищаются кромки и на гибочных вальцах или вручную на оправке с помощью киянки производится гибка. Затем свариваются продольный боковой шов водозаборника и поперечные швы по фасонным вырезкам, начиная от заднего по ходу воды. Для стягивания при выполнении поперечных швов используется проволока или струбины. Чтобы брызги расплавленного металла не прилипали к поверхности, перед сваркой деталь следует покрыть раствором мела (30%) в воде (65%) с добавлением 5% жидкого стекла. Швы тщательно зачищаются, производится развальцовка роликом задней кромки водозаборника на токарном станке с использованием оправки. При развальцовке шпindelъ проворачивается только вручную: при этом нужно следить, чтобы кромка водозаборника прижималась к торцу оправки.

Изготовление спрямляющего аппарата начинается с разметки мест приварки лопаток на предварительно выточенной ступице. Основание ступицы делится на 6 равных частей, затем на разметочной плите рейсмусом или при помощи угольника на образующей ступицы проводятся прямые линии, параллельные оси.

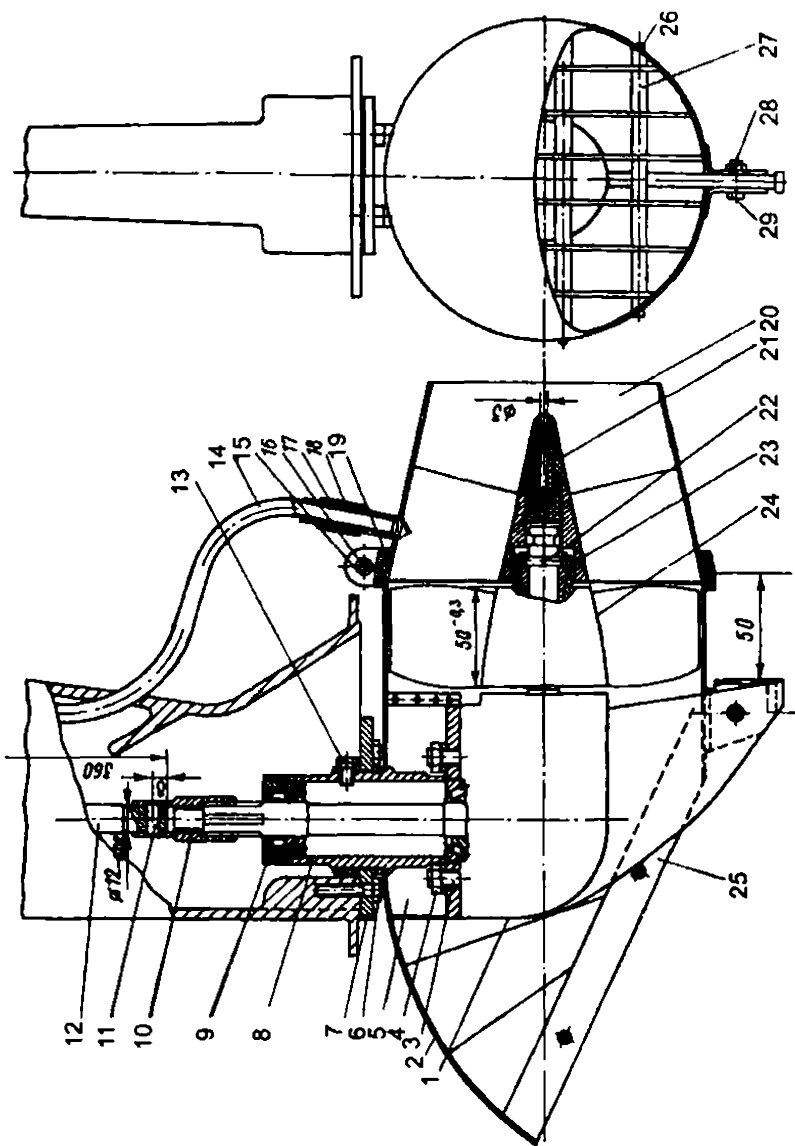
Для приварки лопаток необходимо сделать приспособление, показанное на рис. 65.

На бобышку приспособления устанавливается ступица, совмещаются контрольные линии на ступице и на приспособлении. Лопатка прижимается к стойке, совмещается с линиями и в двух-трех точках прихватывается. Затем, последовательно поворачивая ступицу, ставят на прихватки все остальные лопатки. Их приварка производится двусторонним швом с катетом 4 мм.

Затем ступица с лопатками протачивается в оправке по наружному диаметру так, чтобы лопатки плотно входили в обечайку (с предварительно сваренным продольным швом) и передние кромки их совмещались с передней кромкой обечайки. Ступица с лопатками устанавливается на ровную плиту, на нее надевается обечайка и лопатки с выпуклой их стороны прихватываются к ней. Приварка лопаток производится только с выпуклой стороны и на половину их ширины.

Рис. 61. Сборочный чертеж водометного движителя.

- 1 — штатный редуктор в сборе; 2 — водозаборник; 3 — шпилька М8, $l = 35$ мм, сталь 35; 4 — гайки М8, шайба пружинная; 5 — обтекатель, дюралюминий $\delta = 0,8$; 6 — болт М6, $l = 25$; сталь 35; 7 — фланец; 8 — стикан ведущей шестерни; 9 — обоим манжеты; 10 — муфта; 11 — штифт $\varnothing 5$ мм, $l = 20$ мм, сталь 65Г; 12 — вал вертикальный; 13 — винт М5, $l = 15$ мм с пружинной шайбой; 14 — напорная трубки $\varnothing 10 \times 1$, $l = 390$ мм, латунь; 15 — хомут; 16 — винт М5, $l = 20$ мм с гайкой М5 и пружинной шайбой; 17 — муфта $\varnothing 10 \times 1$, шланг резиновый; 18 — муфта $\varnothing 14 \times 2$, шланг резиновый; 19 — уплотнительное кольцо $\varnothing 155 \times 135$, $\delta = 2$ мм, резина; 20 — спрямляющий аппарат; 21 — обтекатель, пенопласт; 22 — шпонка $\varnothing 4$, $l = 22$ мм, сталь 35; 23 — кольцо стопорное; 24 — рабочее колесо; 25 — легкоосъемная защитная решетка; 26 — стержень решетки, стальная проволока $\varnothing 4$ мм; 27 — распорная трубка, отрезки трубки $\varnothing 6 \times 1$ между пластинами решетки, латунь; 28 — кронштейн; 29 — винт М5, $l = 15$ мм с гайкой М5 и пружинной шайбой.



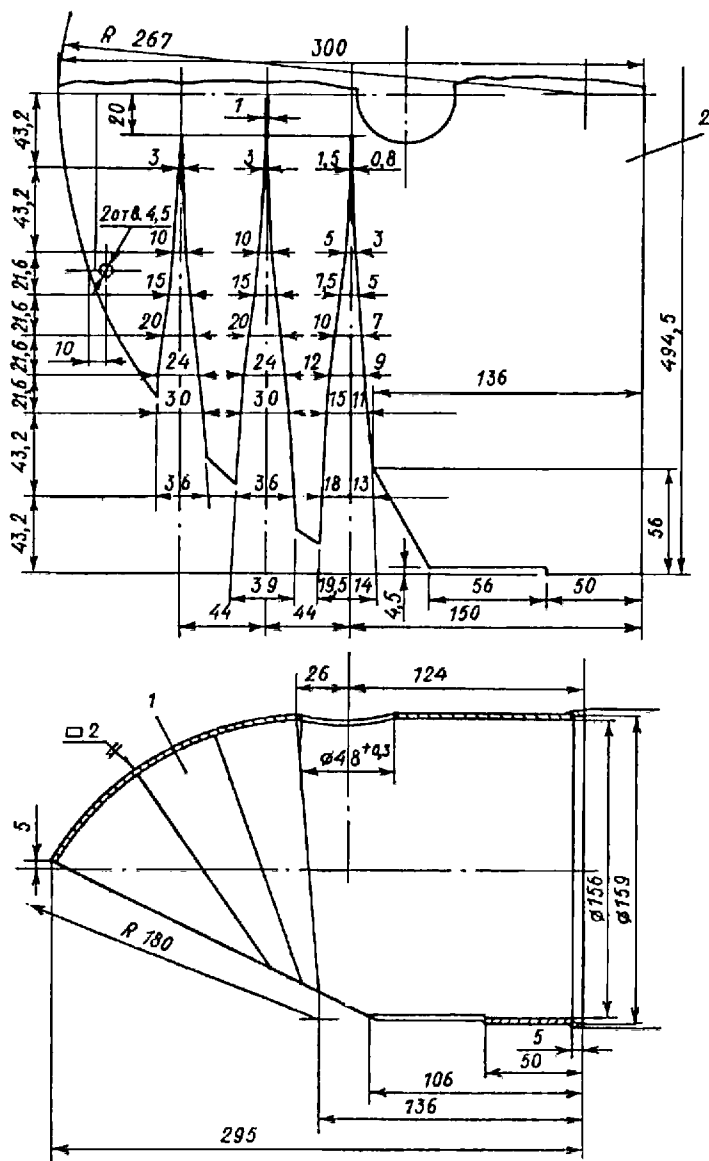


Рис. 62. Водовод и его развертка.

1 — водовод, нержавеющая сталь $\delta = 1,5$; 2 — развертка водовода.

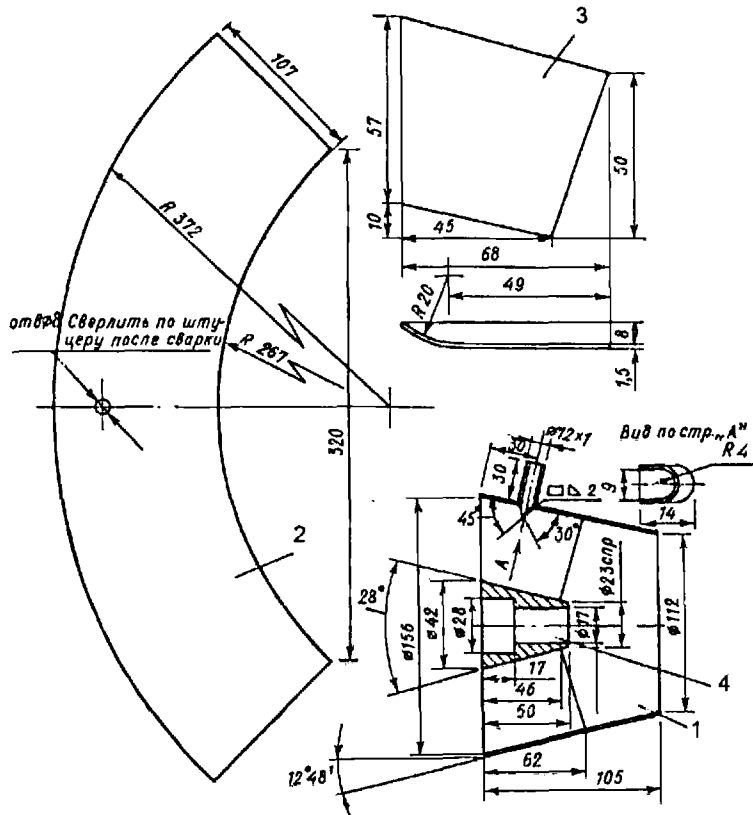


Рис. 63. Спрямяющий аппарат и его детали.

1 — спрямяющий аппарат в сборе; 2 — развертка обечайки спрямяющего аппарата, нержавеющая сталь $\delta = 1,5$; 3 — лопатка спрямяющего аппарата: 6 шт., нержавеющая сталь $\delta = 1,5$; 4 — ступица спрямяющего аппарата, нержавеющая сталь.

Штуцер для охлаждающей воды приваривается к обечайке между лопатками на стороне, противоположной продольному шву. Козырек штуцера припаивается изнутри припоем ПОС-30. Уплотнительное кольцо приклеивается к обечайке клеем «Н88» на расстоянии 4 мм от передней кромки. Обтекатель изготавливается из пенопласта и вклеивается в ступицу тем же клеем.

Все неровности в водозаборнике и спрямяющем аппарате шпаклюются эпоксидной шпаклевкой.

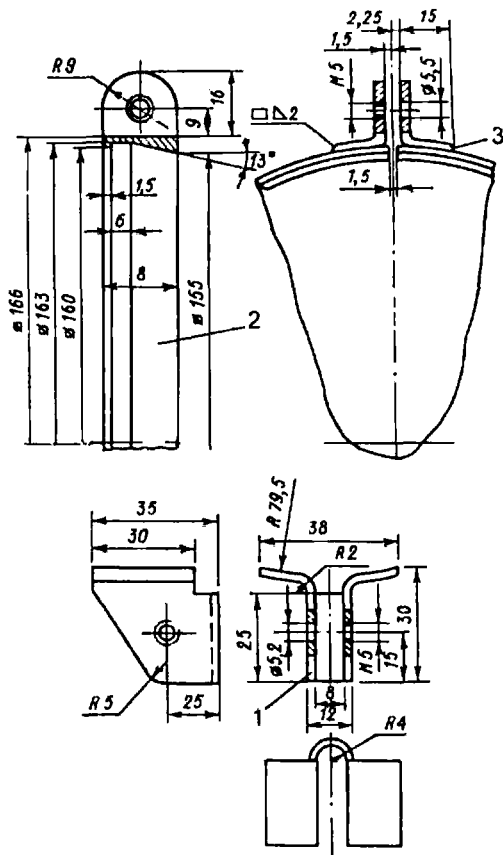


Рис. 64. Детали крепления спрямляющего аппарата.

1 – кронштейн, нержавеющая сталь $\delta = 2,0$; 2 – хомут, нержавеющая сталь; 3 – уголок, нержавеющая сталь $\delta = 2,0$.

Детали силовой передачи – фланец (рис. 66), стакан (рис. 67), ведущая шестерня, обойма манжеты (рис. 68) выполняются по известным технологиям.

Шлицы на шлицевой муфте (рис. 69) можно выпилить вручную.

Для этого в муфту на всю ее длину вставляется стальная пробка; чтобы ее зафиксировать сверлится поперечное отверстие $\varnothing 5$ мм и в него вставляется штифт. Затем на торце $\varnothing 24$ мм проводится окружность $\varnothing 12,6$ мм, которая делится на 6 равных частей. В отмеченных точках сверлятся 6 отверстий $\varnothing 3,4$ мм на глубину

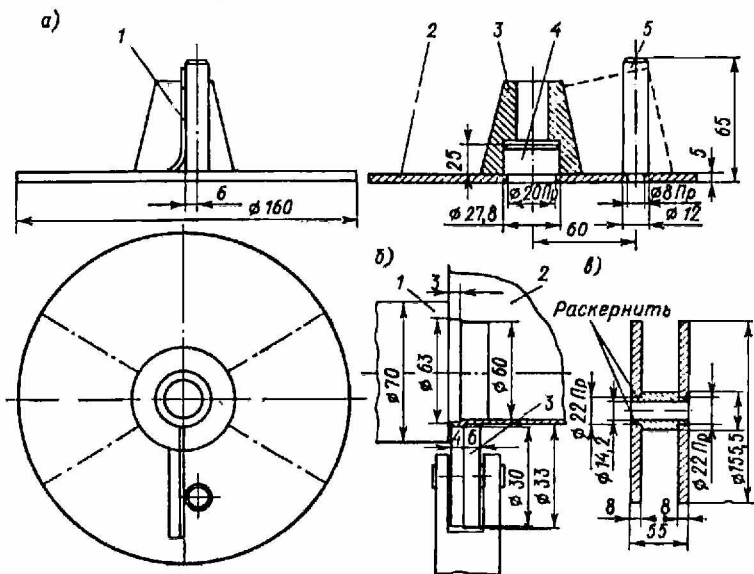


Рис. 65. Технологические приспособления:

- а* – приспособление для приварки спрямляющих лопаток к ступице:
 1 – лопатка; 2 – плита, сталь; 3 – ступица спрямляющего аппарата;
 4 – бобышка, сталь; 5 – стойка, сталь;
- б* – схема развальцовки выходного патрубка водозаборника:
 1 – оправка в патроне токарного станка; 2 – водозаборник;
 3 – ролик в державке, Ст. 45, калить;
- в* – приспособление для сборки водозаборника с редуктором, сталь.

25 мм, пробка вынимается, и шлицы обрабатываются надфилем по шлицам ведущей шестерни. Муфта должна плотно входить на шлицы шестерни на глубину 25 мм.

Сборка водомета производится в такой последовательности.

В стакан 8 запрессовывается подшипник №203 и заворачивается обоими 9 манжеты (торцы обоймы смазываются герметиком); запрессовывается наружное кольцо роликового подшипника №7203 и вставляется ведущая шестерня. Весь узел собирается с корпусом редуктора, регулируется зацепление шестерен. Стакан снимается с корпуса редуктора и вставляется верхним концом в отверстие водозаборника $\varnothing 48$ мм. Корпус редуктора вставляется в водозаборник и соединяется со стаканом. На гребной вал надевается сборочное приспособление (рис. 65в) и фланец 7 поворачивается до упора.

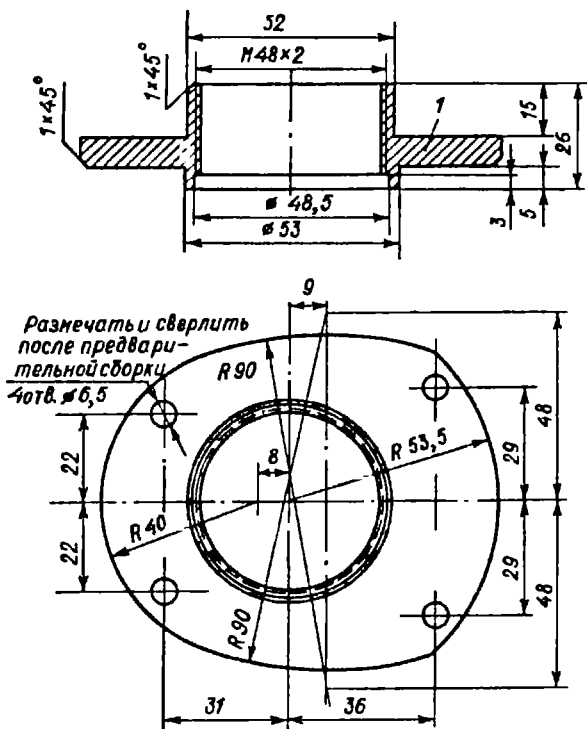


Рис. 66. Фланец, нержавеющая сталь.

После этого на подпятник редуктора надевается кронштейн 28, производится приварка его к водо заборнику, и через отверстие в кронштейне сверлится отверстие в подпятнике.

На фланце 7 размечается параллельная продольной оси водомета осевая линия отверстия под крепежные болты 6; сверлится отверстие для стопорного винта 13, одновременно служащее для заливки масла.

Из полосы дюралюминия шириной 36 мм сгибается и подгоняется по форме водозаборника обтекатель 5, закрывающий часть сгакана, расположенную в водозаборнике. После подгонки обтекатель склепывается сзади 4 заклепками $\varnothing 3$ мм и крепится к нижнему фланцу сгакана 4 винтами М4.

Вертикальный вал изготавливается из серийного вала обрезкой нижней части до размера 360 мм. Рабочее колесо де-

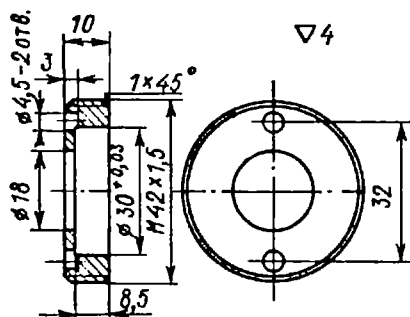


Рис. 68. Обойма манжеты, нержавеющая сталь, латунь.

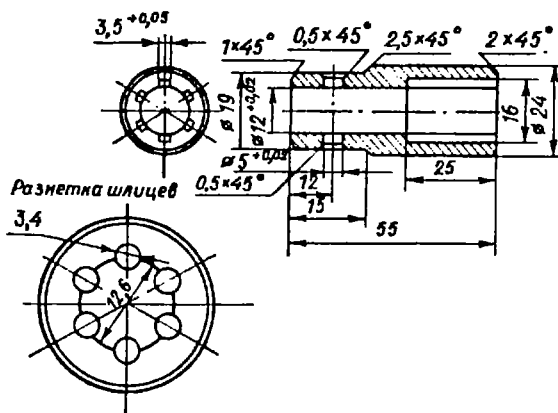


Рис. 69. Муфта, сталь 45 закалить HRC = 45-50.

лейдвуда и соединяется с верхним отрезком ($\varnothing 8 \times 1$; длина 150 мм) резиновой муфтой.

Входная решетка 25 необходима только при использовании водомета на сильно заросших травой и загрязненных водах. Обычно водоросли и трава легко перемалываются рабочим колесом.

При окончательной сборке водомета перед навинчиванием фланца 7, в него вставляются крепежные болты 6, а место соединения стакана водозаборника и фланца герметизируется; ставятся рабочее колесо, шпонка 22 и кольцо 23 (рис. 70), в редуктор заливается смазка, устанавливается спрямляющий аппарат.

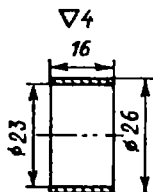


Рис. 70. Кольцо стопорное, латунь.

Собранный движитель крепится к дейдвуду так, чтобы шлицевая муфта наделась на хвостовик ведущей шестерни; система охлаждения соединяется с пагрубком водозаборника. Общий вид водомета приведен на рис. 71.

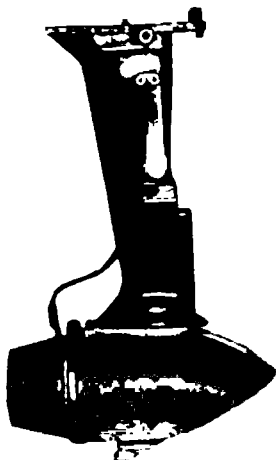


Рис. 71. Общий вид водомета.

Водометный движитель подобной конструкции можно изготовить и для более мощных моторов («Вихрь», «Нептун»).

5.8. Водомет на базе маломощных устаревших моделей ПМ

Предлагаемая конструкция (разработка Л. Михновского) рассчитана на моторы мощностью около 5 л.с. Из отечественных моделей для этой цели лучше всего подходят такие давно снятые с производства моторы как «Стрела» и «Прибой». Можно с уве-

репностью сказать, что, несмотря на прошедшие с тех пор десятилетия, еще много этих устаревших моторов лежат без дела у владельцев лодок. А между тем, ту же «Стрелу» нетрудно превратить в легкий водометный мотор, незаменимый для охоты или рыбалки на самых мелких речках и озерах.

Для изготовления простой водометной приставки конструкцию двигателя можно сделать целиком сварной из тонкой листовой нержавеющей стали.

В проставке мотора закрепляются подшипники валика водомета (рис. 72).

По концам проставки 8 закрывается верхней и нижней пластинами 6 и 12, которые стягиваются шпильками 7 и 22 вместе с дефлудом мотора. К верхней пластине крепится планка 23 выхлопного патрубка 21, к нижней — корпус двигателя 14.

Корпус имеет два донца, которые нужно разметить радиусами из шести центров, расположенных на окружности диаметром 16 мм (рис. 73).

В нижнем донце нужно сделать отверстие диаметром 52 мм для забора воды, в верхнем — диаметром 27 мм для прохода втулки 15, к фланцу которой крепится ротор. К нижнему донцу на прихватках надо приварить ободок из полосы 11х460 с резьбой для крепления боковины 26 корпуса шестью винтами М4. При подгонке боковины между донцами корпуса целесообразно положить деревянный кружок толщиной 50 мм. Изогнув полосу, нужно стянуть ее проволокой и приварить к верхнему донцу.

Выходное сопло выкраивается из двухмиллиметровой стали и также приваривается к корпусу. Готовый корпус приваривается точками к донцу водозаборника 18 — в центре и к ободку у входного отверстия.

Ротор-крыльчатка 19 имеет 8 лопаток радиального типа, приклепанных к диску диаметром 110 мм. Каждую лопатку нужно изогнуть по радиусу 55 мм, причем центры этих радиусов должны находиться на окружности диаметром 55 мм (рис. 74).

В канавке фланца ротора устанавливается пружинный замок для цилиндрического штифта 5х22 мм, которым фланец крепится на оси.

Для отбора воды на охлаждение двигателя на боковой стенке улитки под углом 120° от выходного сопла по направлению вращения нужно поставить отводную трубку (медь, Ø 7 мм). Вход

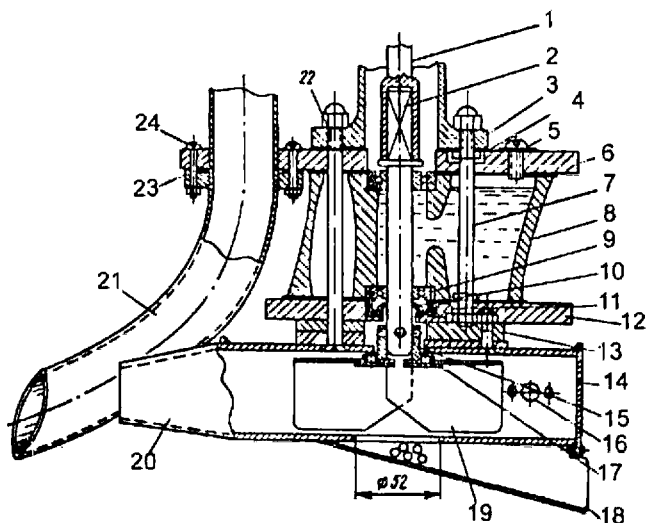


Рис. 72. Сборочный чертеж водомета.

- 1 — вертикальный вал, длина 370 мм; 2 — валик двигателя $\varnothing 15$ мм; 3 — верхний подшипник № 202; 4 — прокладка; 5 — пробка для заливки масла М8; 6 — верхнее доньшко проставки, полоса 10x60x210; 7 — шпилька М8x110; 8 — проставки от мотора «Стрела»; 9 — нижний подшипник №201; 10 — сальник; 11 — сливное отверстие для масла; 12 — нижнее доньшко проставки, полоса 10x45x160; 13 — прокладка; 14 — корпус водомета; 15 — втулка крепления ротора; 16 — трубка отбора воды на охлаждение двигателя; 17 — диск крепления ротора $\varnothing 4$ х2; 18 — водозаборник; 19 — ротор; 20 — сопло; 21 — выхлопной патрубков; 22 — шпилька с потайной головкой М8x120; 23 — планка для крепления патрубка 60x60; 24 — винты М4x30.

трубки в корпус для облегчения движения струи нужно расположить не по радиусу, а под углом 45° . Трубка окольцовывается, вплавляется оловом в дугообразную медную пластинку 20x60 толщиной 4 мм и присоединяется к корпусу двумя винтами.

На верхней и нижней крышках проставки имеются отверстия для заливки и слива масла. Нижний подшипник №202 заменяется на более плоский №201 с боковой прокладкой из полосы толщиной 1,5 мм. Под ним ставится сальник 35x15, запрессованный в гнездо нижней крышки.

Шпилька 7 позволяет собрать воедино блок проставки с уже залитым маслом. Для этого на шпильке нужно продолжить резь-

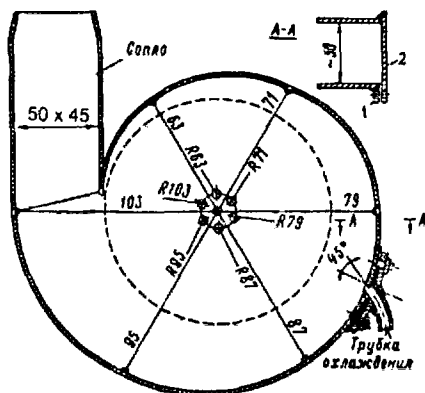


Рис. 73. Эскиз для разметки корпуса двигателя.
1 — ободок 2x11x460; 2 — боковины корпуса 2x62x490.

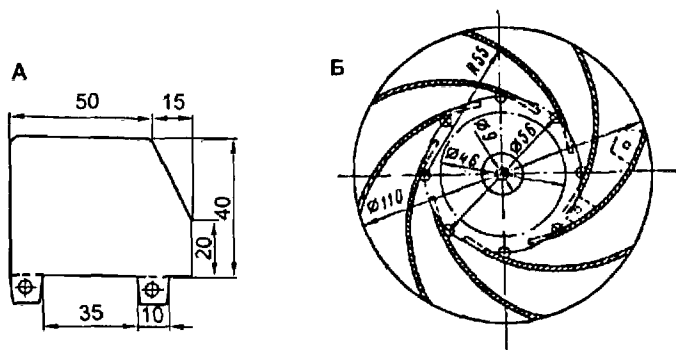


Рис. 74. Разметка ротора и развертка его лопитки.

бу и поставить три дополнительные гайки толщиной 5-6 мм с прокладками.

К корпусу водомета проставка присоединяется через алюминиевую прокладку 13 двумя болтами М6x20. Прокладку нужно закрепить ко дну проставки заклепками или винтами М5. Шпилька 22 утапливается головкой в верхнем доньшке корпуса.

Вертикальный вал 1 укорачивается на 110 мм, так как сам мотор получается короче на 185 мм. Вес всей водометной приставки — 3,7 кг. Перед тем как вставить дно корпуса необходимо в стыке у выходного сопла проложить полоску микропористой резины.

На рис. 75 показан общий вид основных деталей и водомета в сборе.

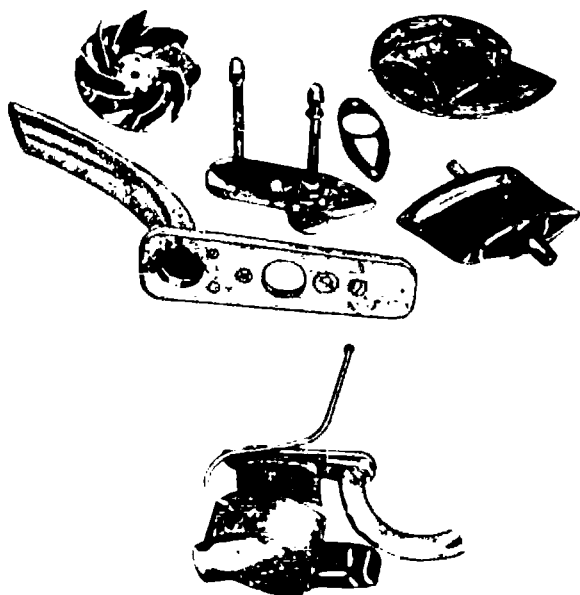


Рис. 75. Общий вид водомета и основные детали.

Скорость, полученная при испытаниях с водометной «Стрелой» на «Казанке» с одним человеком и 60 кг груза, составила 12 км/час, с тремя пассажирами — 9 км/час.

5.5. Водометы для легких лодок

Еще в 1973 г. на одном из уфимских заводов был изготовлен подвесной водомет на базе широко распространенного в свое время велодвигателя «Д-5». Основные узлы двигателя (коленчатый вал, шатун, поршень, гильза цилиндра, магнето и карбюратор) в этой конструкции были применены без изменения (рис. 76).

Двигатель закреплен на плите, которая в свою очередь крепится к фланцу дейдвудной трубы, соединенной в нижней части с патрубком водометного движителя. Подвесной мотор навешивается на лодку при помощи кронштейна, приваренного к хомуту, охватывающему дейдвудную трубу.

Запускается двигатель пусковым шнуром, наматываемым на шкив, расположенный на верхнем конце коленчатого вала. Шкив снабжен храповым механизмом, который отключает его от вала

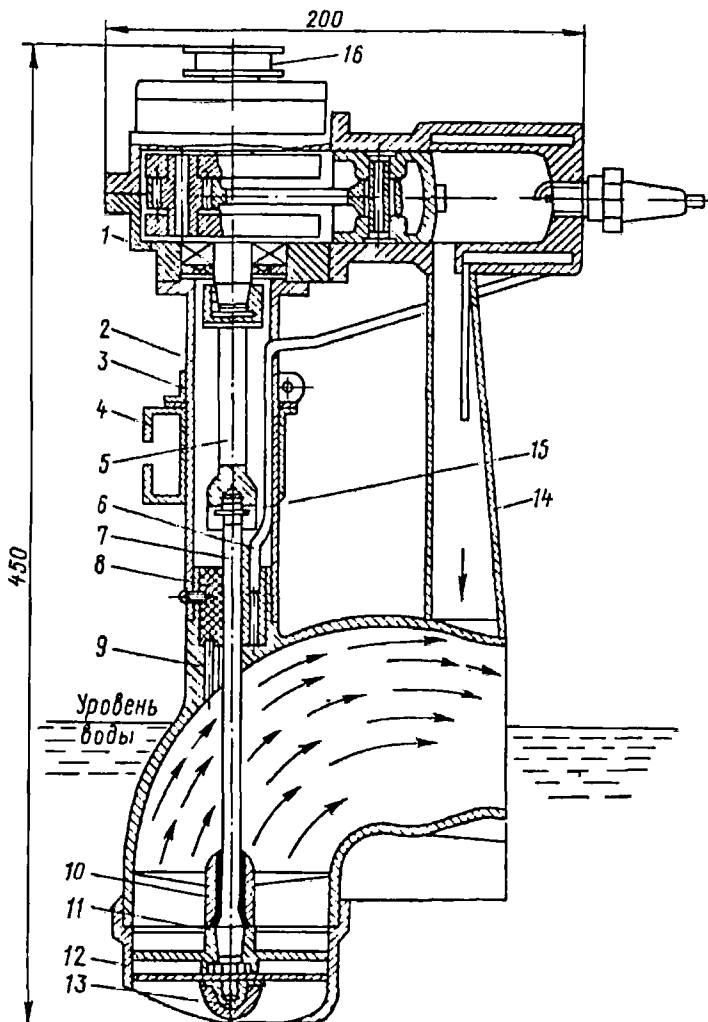


Рис. 76. Общее устройство мотора.

1 — двигатель «Д-5»; 2 — дейдвудная труба; 3 — хомут подвески;
 4 — кронштейн; 5 — промежуточный вал; 6 — трубки системы охлаждения;
 7 — вал движителя; 8 — втулка-подшипник; 9 — корпус водомета;
 10 — спрямляющий аппарат; 11 — рабочее колесо; 12 — заборный патрубок;
 13 — втулка; 14 — выхлопная труба; 15 — срезной штифт;
 16 — пусковой шкив.

после запуска двигателя. Таким образом, снаружи нет ни одной открытой вращающейся детали.

Движителем служит осевой насос, установленный на вертикальном валу. Ротор насоса — четырехлопастный, диаметр 82 мм и шагом 72 мм. Водозаборник снабжен защитной решеткой и направляющим козырьком, улучшающим наполнение движителя водой. Нижний край водозаборника находится на одном уровне с днищем лодки или на 80 — 100 мм выше него, если моторчик ставится на надувную лодку, поэтому подвеска мотора выполнена жесткой, а не откидной конструкции.

Охлаждение цилиндра — водяное. Забор воды осуществляется из верхней части движителя, откуда вода под напором поступает прямо в рубашку цилиндра и выбрасывается затем в выхлопную трубу вместе с отработавшими газами. Нижний срез выхлопной трубы расположен на одном уровне с водозаборником движителя и сбоку от него.

Двухместная надувная лодка при полезной нагрузке 200 кг с этим водометом развивает скорость около 6 км/час.

В начале 80-х годов делались попытки запустить этот удачный вариант в серию, однако по бюрократическим причинам идея была похоронена.

В 1990 г. волгоградской фирмой «Партнер» были изготовлены опытные образцы похожего по конструкции моторчика под названием «Мул» (рис. 77).



Рис. 77. Общий вид мотора.

Двигатель этого мотора также во многом унифицирован с двигателями «Д-4» и «Д-5». Мотор имеет смешанное охлаждение, золотниковое газораспределение, его объем 45 см³. Его номинальная мощность (как, впрочем, и остальных моделей на этой основе) равна 1,2 л.с., а частота вращения 4500 об/мин. Низкая степень сжатия (6) позволяет использовать самые низкооктановые сорта бензина в смеси с маслом 1:20.

Топливо из бачка емкостью 1,6 л самотеком поступает в карбюратор типа К36Б. Расход топлива — 0,8 кг/час. Зажигание осуществляется с помощью магнето. Выхлоп происходит не под водой, а в воздух, в акустический глушитель. Габариты мотора 650 x 490 x 250 мм.

Водометный движитель «Мула» имеет трехлопастный ротор диаметром 80 мм при диаметре сопла 65 мм. Упор, развиваемый водометом, равен 8 кгс. Следует отметить, что конструкция «Мула» оказалась не совсем доработанной, поэтому в серию он не пошел.

Следующим шагом на пути применения велосипедных двигателей серии «Д» в конструировании водометов предприняло московское предприятие «Ипкоэкс», запустившее в серию водомет под названием «Анкор», который даже продавался за рубеж.

В настоящее время за серийное производство этого компактного водомета взялся крупный оборонный северодвинский завод «Полярная звезда». Моторчик теперь называется «Микро-

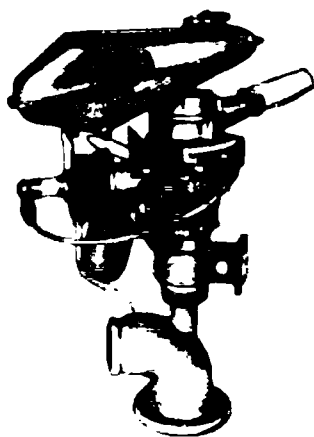


Рис. 78. Общий вид водомета.

ша», его двигатель (очередная модернизация под названием «Д-10Ф») работает на осевой насос и способен разогнать небольшую лодку с нагрузкой 270 кг до 8-15 км/час (рис. 78).

Гидродинамика водомета, отработанная в ЦАГИ, оказалась весьма удачной. Сухой вес водомета составляет 7,5 кг, тяга на швартовах - 12,5-15 кг.

Бортовой водомет.

Бортовой мотор с водометным движителем конструкции Н. Иванова построен на базе велодвигателя «Д-5», от которого использованы поршень и шатун с нижним роликовым подшипником. Коленчатый вал, цилиндр и картер изготавливаются заново. Кроме этого необходимо изготовить кольца с упорным буртиком под манжеты коленчатого вала, так как серийные кольца для «Д-5» изготавливались без буртика и во время работы двигателя манжеты выскакивают.

Фазы распределения выхлопа и продувки остаются прежними. Впуск смеси осуществляется через пластинчатый клапан.

Карбюратор лучше использовать от велодвигателя «МАН», дополнительно в него встраивается ручная регулировка проходного сечения жиклера при помощи иглы. Подача топлива производится самотеком по резиновому шлангу с наконечником, имеющим шариковый запорный клапан. Маховик и магнето можно использовать от мопеда. Охлаждение двигателя водяное с подачей воды из водомета по трубке 8 (рис. 79).

Слив воды производится в систему выхлопа для охлаждения дейдвудной трубы и уменьшения шума. Для контроля за работой системы охлаждения в головке цилиндра сверлится отверстие. Система работает надежно, начиная с оборотов холостого хода (около 500 об/мин).

При малых скоростях движения (примерно до 10 км/час), на которые и рассчитаны обводы байдарки, для получения приемлемого к. п. д. водометного движителя необходимо обеспечить возможно больший расход воды при малой скорости, выхода ее из сопла. Использование в таких условиях центробежного насоса, дающего, наоборот, большой напор при малом расходе, нецелесообразно. Поэтому, в данном варианте был применен наиболее простой по конструкции осевой насос с вертикальным валом 3, при помощи квадратного хвостовика непосредственно соединенного с вертикальным коленчатым валом двигателя 2.

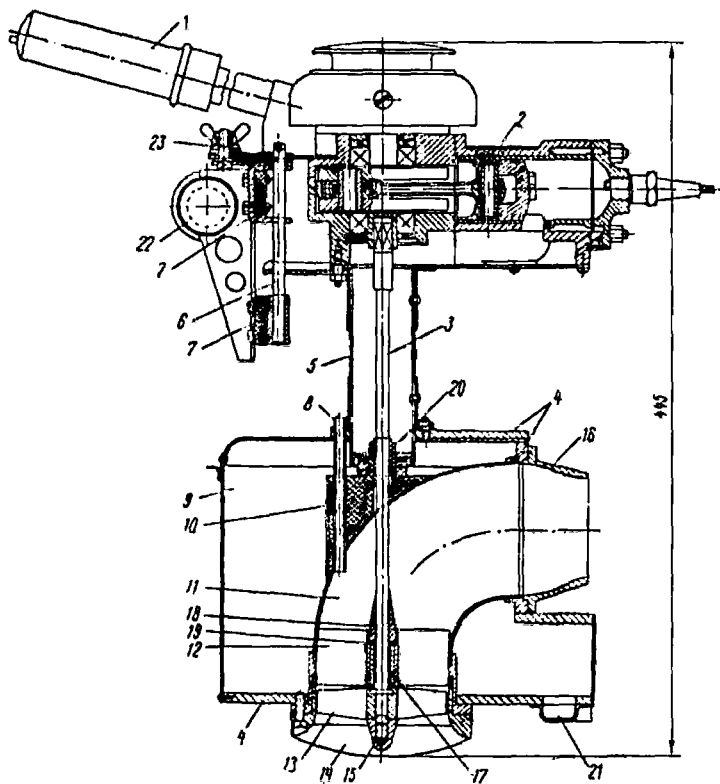


Рис. 79. Схеми бортового вдувмета

Рабочее колесо 13 — четырехлопастное, диаметром 83 мм. Спрямяющий аппарат 12 имеет 6 лопаток. Диаметр выходного отверстия 16 составляет 63 мм.

Вал 3 диаметром 8 мм имеет две опоры, нижняя опора выполнена в ступице спрямяющего аппарата и представляет собой текстолитовую втулку 17, в которой вращается бронзовая втулка 18, напрессованная на вал 3. Смазка осуществляется водой, поступающей в две канавки, прорезанные вдоль оси в текстолитовой втулке.

Осевые нагрузки воспринимает подпятник 19 в виде текстолитовой шайбы, по которой вращается буртик втулки 18 (смазка водой). Верхней опорой служит соединенье с коленчатым валом двигателя. На нижний конец вала навинчен обтекатель 15.

Дейдвудная труба 5 согнута из дюралюминия толщиной 1 мм. Уплотнение трубы осуществляется текстолитовой втулкой 20, имеющей возможность радиального смещения (от вращения втулку стопорит штифт, входящий в паз). В ней вращается бронзовая втулка, посаженная на вал 3. Небольшая утечка воды через это уплотнение не имеет значения.

Труба водовода 11 делается из двух половинок, выштампованных из дюралюминия толщиной 1 мм, и соединенных заклепками. Для уменьшения сопротивления водовод закрыт обтекателем 9 из дюралюминия толщиной 0,8 мм, собранным на несущем «каркасе» из дюралевых пластин 4 толщиной 8 мм. Непосредственно на водовод уложен сухарь-заполнитель 10. Пространство между водоводом и обтекателем служит ресивером выхлопа и имеет 2 канала 21 для отвода обработанных газов под воду. Заборный пагубок водомета защищен литой решеткой 14 из четырех продольных пластин.

Нижняя точка водозаборника расположена примерно на 40 мм выше нижней точки днища байдарки. Подвешивание мотора к трубе-поперечине 22 выполнено на амортизаторах 7 и прорезиненной ткани толщиной 10 мм. К узлу подвески мотор крепится вертикальной осью поворота 6, причем имеется устройство 23 для фиксирования оптимального угла между направлением тяги мотора и ДП байдарки.

Мотор снабжается съемным румпцем 1 с мотоциклетной ручкой газа и выключателем зажигания. Управление поворотом байдарки осуществляется при помощи обычного руля за кормой.

Мотор и топливный бак устанавливаются сразу за кокпитом на разборной раме из двух продольных дюралюминиевых угольников и поперечной трубы 22. Угольники крепятся к фальшбортам четырьмя болтами М6 с барашками. Мотор висит на трубе и стопорится защелкой. Для восприятия вращающего момента от силы тяги мотора на трубе сделан специальный упор. Топливный бак емкостью 5 шгров расположен на трубе-поперечине, но на противоположном ее конце.

При ходе на веслах мотор разворачивается под углом 45° и в таком положении стопорится собачкой на пружине, имеющей привод от ручки газа. В этом положении мотор полностью выходит из воды и несколько не мешает гребцу веслом. Собачка от-

крывается при повороте ручки до упора на полный газ. Таким образом, все операции с мотором, кроме запуска, осуществляются одной рукой.

При транспортировке рама в разобранном виде укладывается в мешок вместе с набором байдарки. От мотора отсоединяется узел подвески, для чего надо открыть защелку и выдернуть шкворень — ось 6. Затем снимается румпель и вывертывается свеча. В таком виде мотор весит 5,5 кг.

Трехместная байдарка «Салют» с тремя человеками на борту развивает с таким мотором скорость около 9,5 км/час.

5.6. Водометный мотор-весло «Мещера»

Основные технические данные «Мещеры» (конструкция Н. Миттраха): двигатель «Д-5» мощностью 1 л.с. при 4500 об/мин. Передача крутящего момента от вала двигателя на вал рабочего колеса осуществляется через штатный редуктор двигателя с передаточным отношением 4,2:1. Длина гребного вала 1200 мм. Рабочее колесо — трехлопастной гребной винт от десятицильной «Москвы» Ø 194 мм (можно применить винт от другого мотора). Расход горючего 0,4-0,6 л/час. Общий вес 14 кг. Заглубление водозаборника — 16-18 мм при угле наклона дейдвуда к горизонту в рабочем состоянии 12°.

Изготовление мотор-весла целесообразно начать с конвертирования двигателя «Д-5» в лодочный. На установке такой малой мощности холостой ход не обязателен, поэтому вместо трех дисков сцепления ставится ведомый шлицевой диск 5 (рис. 80) с тремя отверстиями под штифты ведущего диска двигателя.

Для запуска двигателя можно использовать ручной стартерный механизм с убирающимся шпуром от бензонасоса «ЦБН-2» или, что проще, пусковой маховик, посаженный на конус выходного вала двигателя вместо ведущего зубчатого колеса. Для управления мотор-веслом к крышке магнето заклепками крепится трубчатый румпель длиной 200 мм, на конец которого монтируется штатная ручка газа велодвигателя. Тросик управления в оболочке пропускается к карбюратору внутри румпеля.

Конструкция основных деталей силовой передачи мотора приведена на рис. 81.

По сравнению с велосипедом на лодке двигатель работает в более тяжелом режиме, и чтобы обеспечить нормальное охлаж-

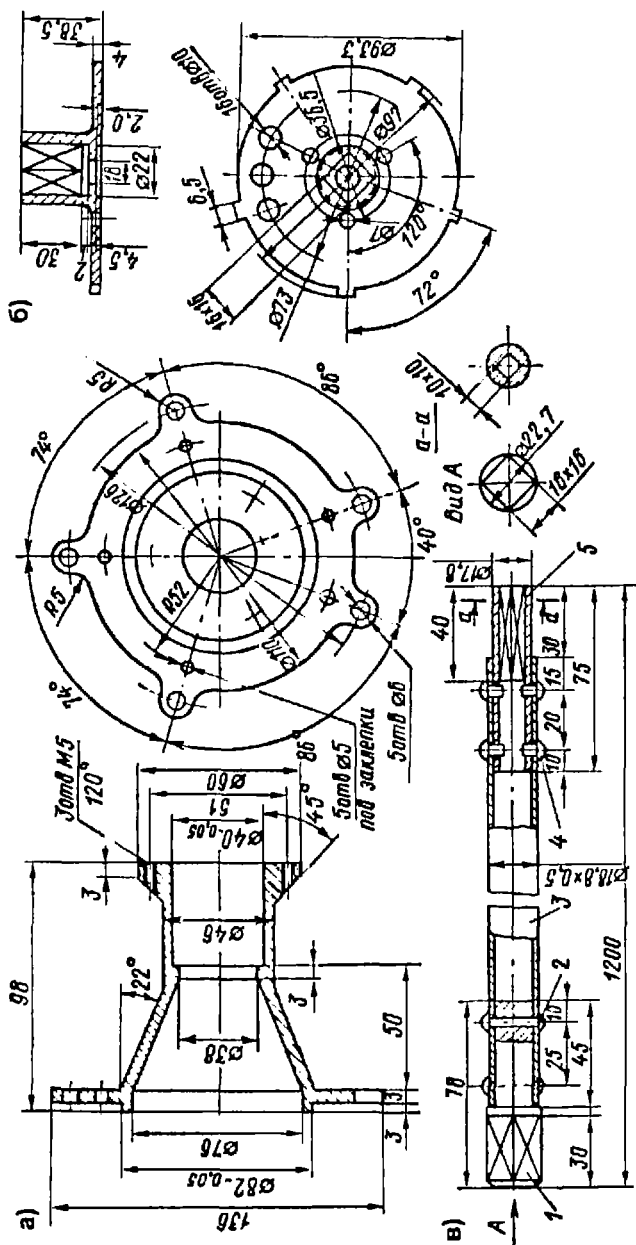


Рис. 81. Конструкция основных деталей силового передаточного механизма: а — конусный переходник, дюраля; б — шлицевой диск, сталь 50; в — ведущий вал. 1 — наконечник, сталь У8-У12; 2 — заклепка, сталь; 3 — труба, дюраль; 4 — винт М4; 5 — наконечник, сталь.

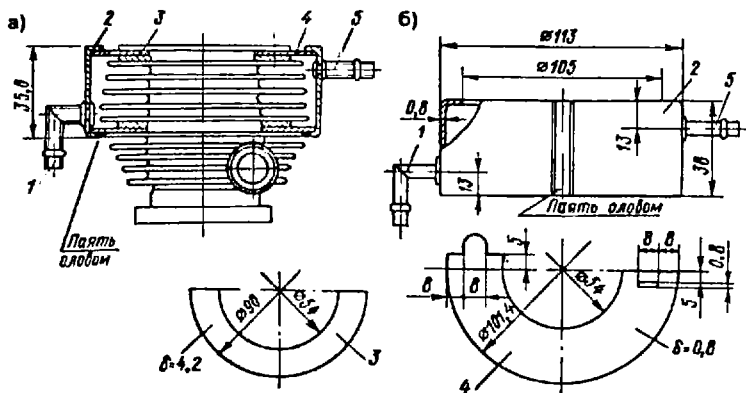


Рис. 82. Конструкция рубашки охлаждения двигателя: а — установка рубашки на цилиндр двигателя; б — конструкция рубашки.

1 — входной патрубок, $\varnothing 8 \times 1$, латунь; 2 — рубашка, жесть, латунь; 3 — клиновое полукольцо, дюраль; 4 — установочное полукольцо, жесть, латунь; 5 — выходной патрубок $\varnothing 8 \times 1$, латунь.

Один отрезок запрессован в конусный переходник, шестью заклепками приклепанный к крышке редуктора. В конец другого вставляется втулка и навешивается водовод. Ведущий вал проходит внутри дейдвудной трубы и в концы его запрессованы втулки — с наружным квадратом для соединения со шлицевым диском двигателя и с внутренним квадратом для соединения с гребным валиком.

На дейдвудной трубе в центре тяжести мотор-весла размещается шарнирное устройство для подвески его на лодке. Устройство позволяет поворачивать мотор в вертикальной и горизонтальной плоскостях (на рис. 83 показаны два варианта: на крюке и на ключине).

Само устройство состоит из наружной и внутренней разрезной трубчатых обоей с сегментными упорами для ограничения поворота мотора вокруг оси. Для смягчения ударов и уменьшения вибрации между ограничителями установлена пружина с торцевыми шайбами. На дейдвуд подвеска одевается с «моторного» конца дейдвуда и фиксируется зажимными кольцами.

Водозаборник изготавливается из листового алюминия толщиной 1 мм. Цилиндрическая часть водовода и сопло делаются из алюминиевой кастрюли с внутренним диаметром 195 мм (если используется винт от «Москвы») и толщиной стенки 1,5 мм.

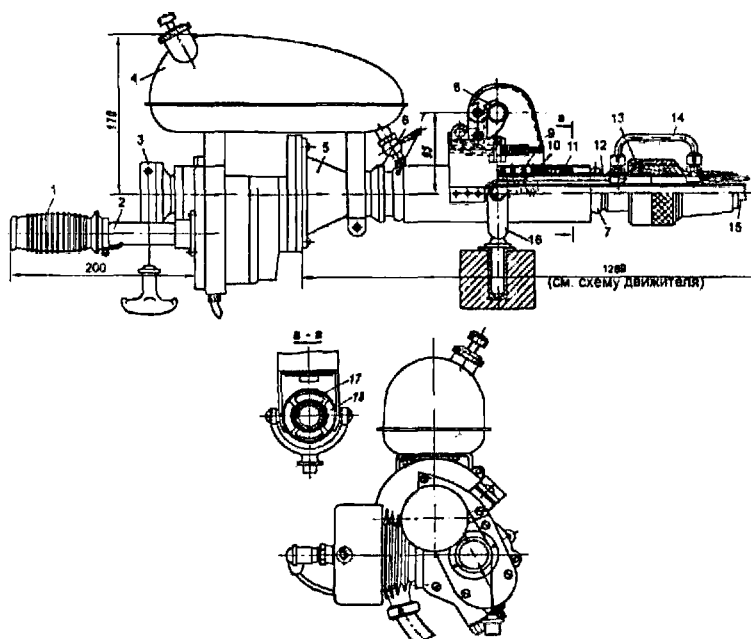


Рис. 83. Силовая головка и подвеска мотор-весла

- 1 — штатная ручка управления заслонкой карбюратора; 2 — румпель; 3 — пусковой механизм с самоубирающимся шнуром; 4 — штатный бензобак; 5 — конусный переходник, дюраль; 6 — фланец дейдвудной трубы, дюраль; 7 — хамут; 8 — крюк подвески мотора; 9 — пружина; 10 — торцевые шайбы подвески; 11 — наружная обойма подвески; 12 — дейдвудная труба, дюраль $\varnothing 40 \times 1$; 13 — муфта дейдвудной трубы, дюраль; 14 — трубка системы охлаждения, медь $\varnothing 6 \times 1$; 15 — ведущий вал; 16 — уключина, сталь; 17 — сегментный упор, текстолит; 18 — сегментный упор, дюраль.

Сопло крепится к водоводу тремя замками и в месте стыка уплотняется узким дюралевым кольцом.

Гильза водовода центруется относительно дейдвуда опорными лопатками, приваренными к гильзе и кольцу. Спрямяющие лопатки приварены к соплу рабочего колеса и к обтекателю, снабженному резиновым подшипником. Для смазки этого подшипника водой служит отверстие «а» (рис. 85) в корпусе обтекателя. Радиальный зазор между рабочим колесом, в данном случае грузовым винтом от «Москвы», и водоводом равен 0,2-0,5 мм, при-

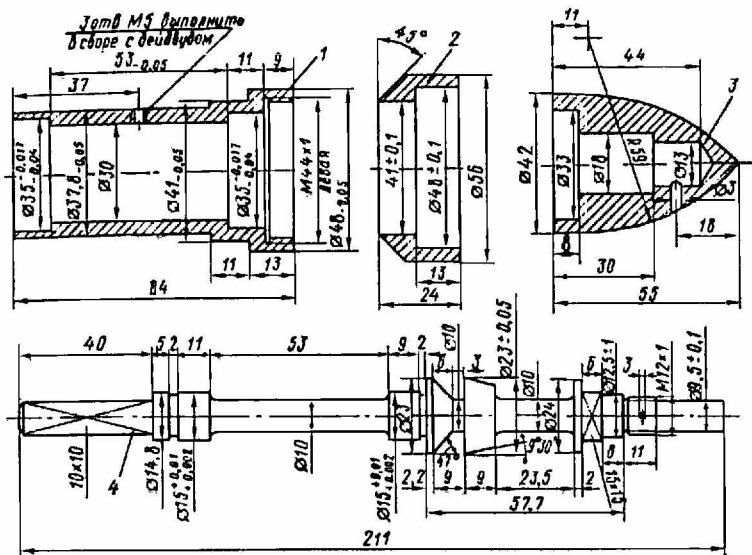


Рис. 84. Конструкция основных деталей движителя мотора.

1 — подшипниковая втулка, дюраль; 2 — кольцо опорных лопаток, дюраль; 3 — обтекатель, дюраль; 4 — гребной валик, сталь 20Х11.

чем при изготовлении нужно стремиться к меньшей величине, так как тогда паразитные обратные протечки из полости повышенного давления уменьшаются и к. п. д. движителя возрастает.

Винт от «Москвы» нужно уменьшить по диаметру на токарном станке на 12 мм. Колесо на гребном валике фиксируется установочным и фасонным кольцами, надевающимися на квадрат валика и выступы внутри ступицы колеса.

Гребной валик установлен внутри подшипниковой втулки на двух шарикоподшипниках и зафиксирован от осевых перемещений стопорным кольцом. Три винта, крепящие подшипниковую втулку в дейдвудной трубе, служат одновременно и отверстиями для подачи смазки.

Конструкция гребного вала и других основных деталей движителя приведена на рис. 84.

Уплотнение гребного валика со стороны рабочего колеса осуществляется манжетой 31 (рис. 85), вырезанной из маслостойкой резины толщиной 3 мм, а уплотнение 22 втулки в дейдвудной трубе достигается намоткой ниток, пропитанных водостойким клеем.

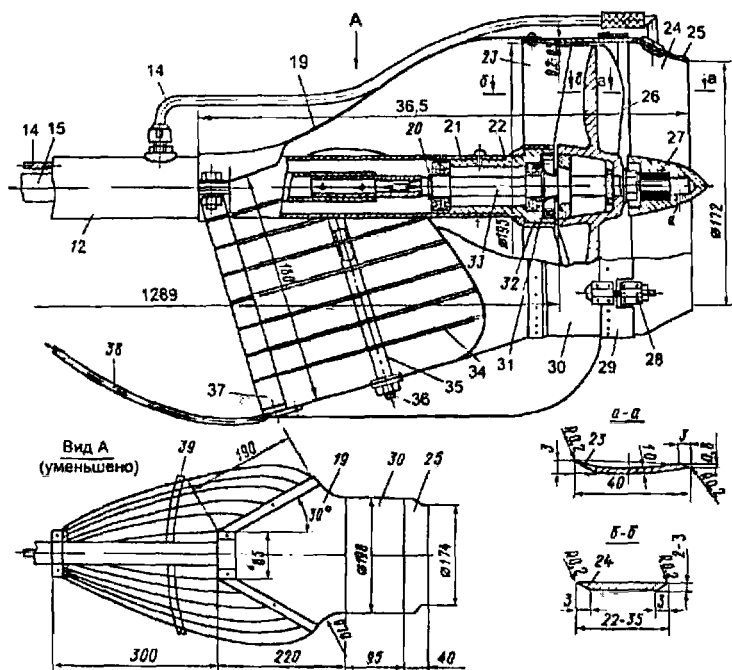


Рис. 85. Двигатель мотор-весла.

(Нумерация позиций является продолжением подписи к рис. 83)

- 12 — дейдвудная труба; 14 — трубки системы охлаждения;
 15 — ведущий вал; 19 — водозаборник, алюминий; 20 — стопорное кольцо, сталь; 21 — подштитниковая втулка; 22 — уплотнение втулки;
 23 — опорные лопатки; 24 — спрямляющие лопатки; 25 — сопло;
 26 — рабочее колесо; 27 — обтекатель; 28 — замок; 29 — уплотняющая манжета, дюраль $\varnothing 0,8 \times 13$ мм; 30 — гильза водовода; 31 — манжета уплотнения гребной валика $\varnothing 42 \times 10 \times 3$ мм; 32 — кольцо упорных лопаток; 33 — гребной валик; 34 — решетки водозаборника;
 35 — распорная втулка; 36 — крепежная шпилька; 37 — планка;
 38 — защитная решетка; 39 — планка.

Отверстие водозаборника защищено решеткой, выполненной из полос дюрала толщиной 1 мм и шириной 20 мм, скрепленных между собой втулками и сквозными шпильками $\varnothing 5$. Ребро жесткости (2×15 мм) устанавливается посередине решетки.

Нижняя сторона водомета закрыта защитной съемной решеткой, выполненной из стальных прутков $\varnothing 5$ мм, для жесткости

скрепленных стальной полосой толщиной 2 и шириной 15 мм. Решетка предохраняет водозаборник от повреждений.

Охлаждающая вода в рубашку двигателя подается по трубке, проходящей в начале снаружи водовода, а затем внутри дейдвудной трубы. В месте разъема дейдвудной трубы охлаждающая трубка выводится наружу, и оба конца соединяются штуцерами с накладными гайками и П-образным отрезком трубы.

Для уменьшения шума выхлопа глушитель следует заменить более эффективным. Его корпус выполняется из дюралевой трубы диаметром 45 и длиной 200 мм. Внутри корпуса вмонтирована перфорированная труба ($\text{Ø} 25, l = 180 \text{ мм}$) с большим количеством отверстий $\text{Ø} 6 \text{ мм}$ по всей ее поверхности, зажатая по торцам двумя дисками диаметром 44 мм. Выхлопные газы поступают в перфорированную трубу через отверстие в диске, далее через перфорацию они устремляются в полость атмосферного давления между трубой и корпусом и выходят через щели, образованные корпусом и вторым внутренним диском, в концевую полость глушителя и далее в выхлопную трубу диаметром 10 мм. Она оканчивается выходным патрубком, имеющим вид трех трубочек $\text{Ø} 3 \text{ мм}$, по его бокам просверлено 7 отверстий $\text{Ø} 3 \text{ мм}$. В патрубок вмонтирована сливная трубка для охлаждающей воды.

В результате такой модернизации глушителя звук выхлопа значительно снижен, исчезли звенящие тона.

Общий вид мотор-весла показан на рис. 86.

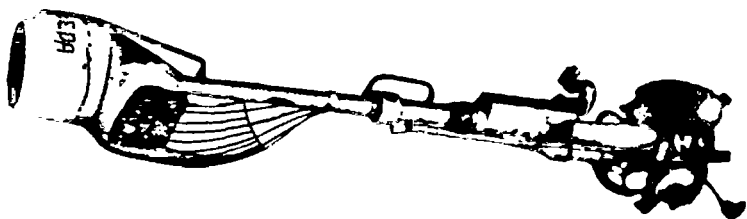


Рис. 86. Общий вид мотор-весла «Мещера»

5.7. Водомер из «Салюта»

Вариант 1

Для изготовления водометной приставки к маломощному «Салюту» весьма пригодным оказался корпус от электрического центробежного насоса ЭЦН-Т. Рабочее колесо делается из нержавеющей

ющей стали, с приварными лопастями толщиной 2,5 мм. Диаметр колеса 100 мм, шаг лопастей 35 мм, зазор между корпусом и колесом 0,5 мм. Вал колеса в корпусе водомета установлен на двух шарикоподшипниках и уплотнен с двух сторон резиновыми манжетами. Для смазки подшипников полость между манжетами заливается нигролом

Чтобы защитить рабочее колесо от попадания крупных предметов, на нижнем заборном патрубке водомета устанавливается решетка. Диаметр выходного сопла - 50 мм. Спрямяющего аппарата этот водомет не имеет, поскольку при малых размерах его эффективность была бы весьма низкой.

Упор водомета на швартовах был равен 14 кг при 5000 об/мин, скорость резиновой мотолодки с грузом 300 кг достигала 7-8 км/час.

Вода на охлаждение двигателя подается от штатной помпы охлаждения.

Вариант 2

Водометная приставка (конструкция Н. Молчанова) имеет размер по диаметру 134 мм и по высоте 70 мм. Замена редуктора и гребного винта на приставку занимает 3-5 минут, при этом требуется отвернуть три винта.

Ведущий валик и трубка подачи воды для охлаждения в рубашку цилиндра остаются без изменения. Водометный движитель крепится винтами в освободившиеся резьбовые отверстия. Почти все детали приставки изготавливаются из дюралю марки Д16Т, за исключением диска, штуцера водозаборника и корпуса подшипника, которые вытачиваются из фторопласта или винилпласта.

Вращающий крыльчатку валик устанавливается на двух шариковых подшипниках: верхний типа 4ГПЗ-6100 10x26 мм, нижний - 4ГПЗ-6027 7x22 мм.

При изготовлении корпуса, диффузора и заборной решетки необходимо обратить внимание на следующие моменты.

Корпус водомета обрабатывается из семи центровых точек, а диффузор и заборная решетка - из двух. Если нельзя достать упомянутые подшипники, то следует изменить размеры выточек в корпусе и заборной решетке на любые другие.

У штуцера, в который при сборке вставляется трубка подачи воды охлаждения $\varnothing 30$ мм, необходимо подрезать с двух сторон фланец, а фланец корпуса верхнего подшипника подрезать с од-

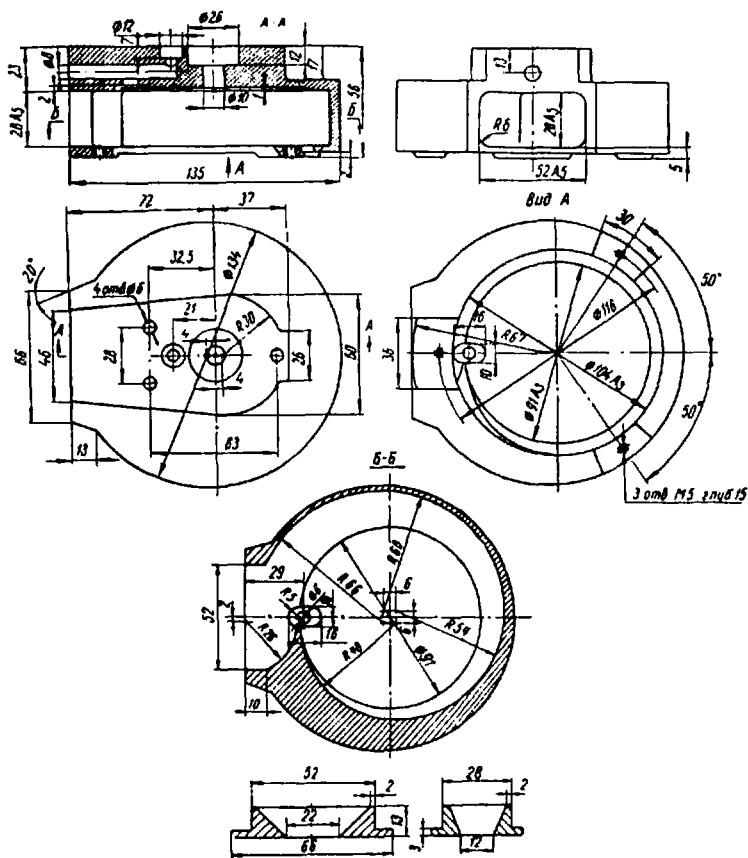


Рис. 87. Корпус.

ной стороны по месту на корпусе. До сборки водомета надо в его корпусе изнутри поставить два винта для соединения корпуса водомета с дейдвудной трубой. Затем углубить до нужного размера отверстия под винты (лучше с потайными головками).

При сборке корпуса (рис. 87) сначала устанавливается узел валика в собранном виде (рис. 88).

Затем нужно вставить на место и закрепить двумя винтами водяной патрубок (рис. 89).

Корпус водомета крепится с дейдвудной трубой мотора тремя винтами — один сверху и два внутри корпуса. Головки винтов

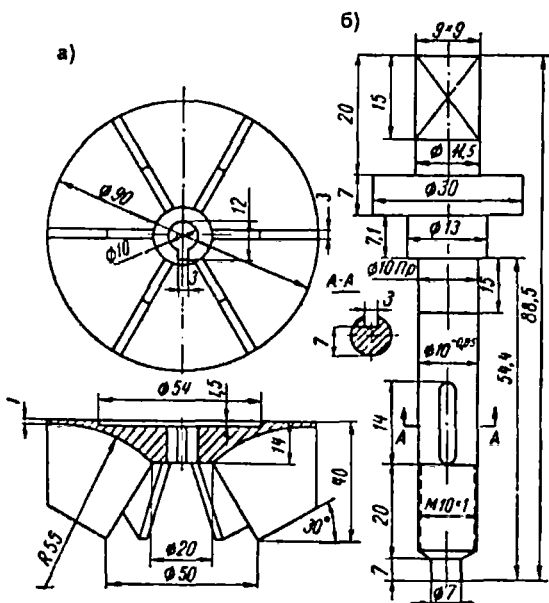


Рис. 88. Валик и крыльчатка
а — крыльчатка; б — валик.

утапливаются так, чтобы они не мешали вращению крыльчатки.

После соединения корпуса с мотором на валик крыльчатки надевается диск (рис. 89, З), улучшающий скольжение крыльчатки.

После этого в паз на валик нужно поставить шпонку и надеть крыльчатку, надеть соответствующие шайбы и закрепить их гайкой. Затянув гайку, нужно проверить плавность хода крыльчатки. Далее ставят на место диффузор (рис. 90).

Затем устанавливается заборная решетка (рис. 91) с нижним подшипником и закрепляется тремя винтами.

Далее ставят носик (рис. 92), устанавливают диафрагму (рис. 93) и приступают к испытаниям водомета.

Длина мотора с приставкой на 100 мм меньше, чем с винтом, что дает возможность эксплуатировать его на мелководе и в заросших водоемах.

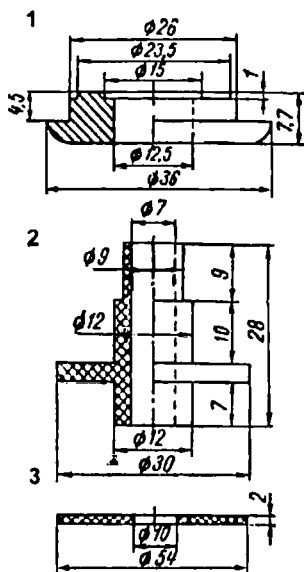


Рис. 89. Водяной патрубок, корпус подшипника и диск.
1 — корпус подшипника; 2 — водяной патрубок; 3 — диск;

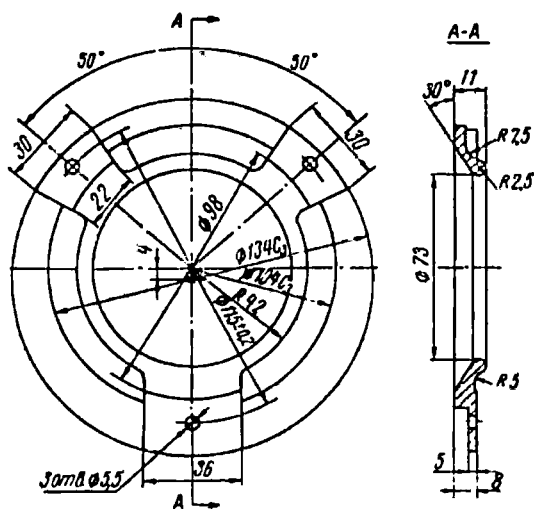


Рис. 90. Диффузор.

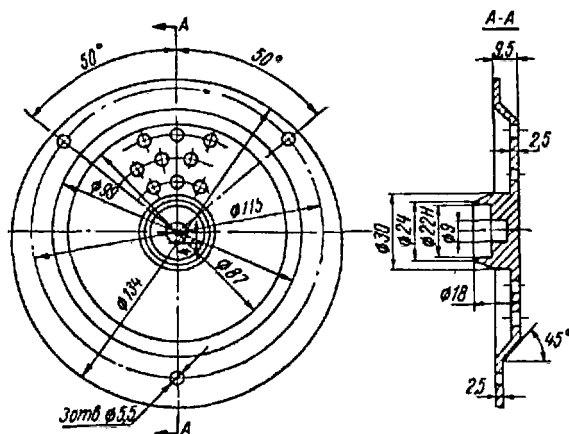


Рис. 91. Заборная решетка.

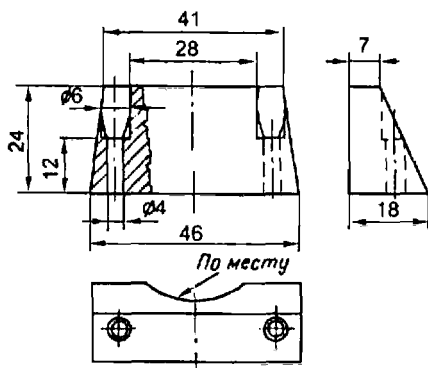


Рис. 92. Носик.

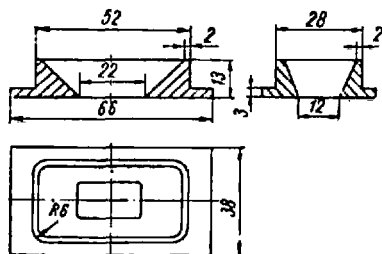


Рис. 93. Диафрагма.

Литература

1. Х. Баадер – Разъездные туристские и спортивные катера. Л. «Судостроение», 1976.
2. Давыдов А.П. – Резиновые подшипники в машиностроении. Л., «Машиностроение», 1976.
3. Ерлыкин И. И., Привалов Э. И., Павленко А. Н., - Катер с водометным движителем. Л. «Судостроение», 1969.
4. Курбатов Д. А. 15 проектов судов для любительской постройки. 3-е изд. Л., «Судостроение», 1985.
5. Мавлюдов М. А. – Движители быстроходных судов. Л. «Судостроение», 1973.
6. Романенко Л. Л., Щербаков Л. С. Моторная лодка Л. «Судостроение», 1971.
7. Справочник по катерам, лодкам и моторам. Под ред. Г. М. Новака. Л. «Судостроение», 1982.

Е.Г.Хорхордин

**ВОДОМЕТЫ
НА БАЗЕ ПОДВЕСНЫХ
ЛОДОЧНЫХМОТОРОВ**

*Конструкции водометов
для самостоятельного изготовления*

СПРАВОЧНИК



*Серия «ОХОТНИК. РЫБОЛОВ»
издается под общей редакцией
профессора В. И. Трофимова*

«Издательский Дом Рученькиных»

Подписано в печать 07.11.03. Формат 84x108 /32.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Тираж 5 000 экз. Заказ № 8565.

ISBN 5-93369-105-4



9 785933 691051

Отпечатано в полном соответствии с качеством
предоставленных диапозитивов в Тульской типографии.
300600, г. Тула, пр. Ленина, 109 .