

12+

Андрей Попович

ШКУНА ЧАВА

ЭВОЛЮЦИЯ
СУДОВОЙ МАШИНЫ
2004 - 2018

Андрей Попович

**Шхуна «Чава». Эволюция
судовой машины. 2004—2018**

«Издательские решения»

Попович А.

Шхуна «Чава». Эволюция судовой машины. 2004—2018 /
А. Попович — «Издательские решения»,

ISBN 978-5-44-938620-5

Эта книга продолжает серию «Шхуна „Чава“» и описывает развитие конструкции судовой машины и связанных с ней систем в течение двенадцати лет эксплуатации. Рассмотрен смежный вопрос электрохимической коррозии узлов. В книге более 50 иллюстраций, схем и чертежей.

ISBN 978-5-44-938620-5

© Попович А.
© Издательские решения

Содержание

Введение	6
Теоретические изыски	8
Судовая машина	13
Первый подход	13
Версия 2. Дизель Mitsubishi L3E	15
Система охлаждения двигателя	18
Помпа морской воды	18
Водо-водяной холодильник (BBX)	21
Охлаждение выпускного коллектора	22
Выпускная система	23
Конец ознакомительного фрагмента.	25

Шхуна «Чава». Эволюция судовой машины 2004—2018

Андрей Попович

© Андрей Попович, 2024

ISBN 978-5-4493-8620-5

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

Введение

Эта эпопея началась в далеком 1999, когда я вдруг решил построить своими силами парусную шхуну водоизмещением 12 тонн. Эта совершенно безумная, по мнению многих окружающих, идея стала активно воплощаться в жизнь в 2000, кстати, об этом написана первая книга о постройке лодки – «Шхуна Чава. Выбор проекта, сборка корпуса». И уже весной, когда пора было сделать «в металле» и установить в набор корпуса детали фундамента двигателя, вопрос выбора судовой машины встал в полный рост. Нужно было быстро и правильно принять решение – какой двигатель выбрать для строящейся яхты, какие ресурсы времени и денег будут на это истрачены, и что может получиться в результате... Быстро и правильно с первого раза не вышло, но ход мысли, я надеюсь, может оказаться полезным для идущих следом.

Проект предусматривал установку небольшого яхтенного дизеля с максимальной мощностью 27—33 л. с. Новый морской дизель для установки был недоступен по ряду причин, главной из которых было несоответствие цен предложения моим запросам. Мне показалось неправильным приобретать двигатель, стоимость которого больше, чем истрачено на постройку корпуса.

Владивосток уже в те времена был столицей подержанного японского автопрома. Без особых размышлений, был приобретен и конвертирован для использования на морском судне автомобильный дизель, который и стал «рабочей лошадкой» в первые годы жизни лодки.

В то же время минимальное изучение вопроса прояснило, что подавляющее большинство «яхтенных» дизелей изготавливается путем конвертирования «индустриальных» японских дизелей Кубота и Мицубиси. Их характерные формы проглядывают в изделиях фирм «Vetus», «Sole», и других. Эти дизельные двигатели выпускаются большими сериями, предназначены для работы в тяжелых условиях без квалифицированного обслуживания, имеют огромный ресурс, и легко, как это выяснилось позже, конвертируются для использования в море. Оставалось найти подходящий подержанный двигатель, редуктор, детали второго контура, амортизационные подушки, сделать все остальные детали, и посмотреть, что получится.

В плане подбора для этого корпуса двигателя и винта меня интересовали следующие вопросы:

- С какой скоростью будет двигаться лодка под таким движком?
- Сколько топлива будет потреблять машина в разных режимах хода?
- Как на движение под парусами будет влиять винт и прочие детали и узлы, выступающие на подводной части корпуса?

Чтобы все это не выглядело слишком просто, Дикс спроектировал машинное отделение в центре лодки, под мойкой камбуза, а топливную цистерну – под фундаментом двигателя, в полостях киля.

С одной стороны, это обеспечивает легкий доступ к двигателю с любой стороны, что очень важно для нормального обслуживания и текущего ремонта и позволяет использовать самую простую конструкцию валопровода. Доступ к сальнику гребного вала предельно облегчен. Двигатель находится максимально внизу и в районе центра масс лодки, улучшая мореходность судна.

С другой – машина шумит, когда работает, занимая ценное место практически в центре лодки, объем машинного отделения ограничен, трубопроводы двигателя проходят рядом с трубами слива и помпами камбуза, да и мойки камбуза расположены прямо над двигателем. Нужно думать, как обеспечить доступ к заборнику топлива, и как измерять уровень топлива в цистерне.

Выхлопная система при ознакомлении с таким конструктивным решением также поставила в тупик – было неясно, как должен проходить выхлопной тракт, как при этом удаляется из него вода «мокрого» выхлопа, и каким образом обеспечить работу двигателя, расположенного в районе ватерлинии без риска заполнения его водой.

Здесь же, на дизеле, необходимо было решить задачу эффективной зарядки аккумуляторов суммарной емкостью 200—600 ампер-часов. Штатный генератор для этого не годился из-за своей небольшой мощности, поэтому при разработке конструкции имело смысл предусмотреть место для второго, мощного генератора.

Теоретические изыски

До того, как с головой броситься в такую сложную техническую задачу, хотелось бы получить приблизительную картину, что получится в результате. По крайней мере, это помогает развеять мифы, которые так любят моряки, и поставить реальные цели.

Скорость хорошо сделанного яхтенного корпуса, на гладкой воде и в штиль, будет приблизительно соответствовать данным таблицы, приведенной ниже. Используем ее для оценки скорости, необходимой мощности двигателя, и зависимости скорости от загрузки для нашего конкретного случая – проекта Hout Bay 40.

Из таблицы следует, что «в нашем случае», при длине корпуса по КВЛ около 10 м, удельная энерговооруженность в соответствии с требованиями ORC должна составлять не менее 0,7, а диапазон, в который попадает подавляющее большинство современных яхт – от 1,5 до 5. Расчетная скорость Hout Bay 40 должна быть в первом случае 5,6 узла, а во втором – от 6,7 до 7,8 узлов. Для «пустой» лодки с водоизмещением 12 тонн, необходимые мощности составят 8,4 л.с., 18 л.с. и 60 л.с., для крейсера, готового к походу (пусть будет 15 тонн, +25% водоизмещения!) – 10,5 л.с., 22,5 л.с. и 75 л.с.

Сделаем оценку зависимости скорости лодки от ее загрузки. При мощности двигателя 20 л.с. «пустая» яхта теоретически должна развить скорость 6,7 узлов, а «загруженная» – 6,5 узлов. Отсюда следует довольно нетривиальный и практически полезный вывод, который можно распространить и на движение под парусами – при увеличении водоизмещения на 25% крейсерская яхта умеренно тяжелого водоизмещения потеряет лишь 3% скорости.

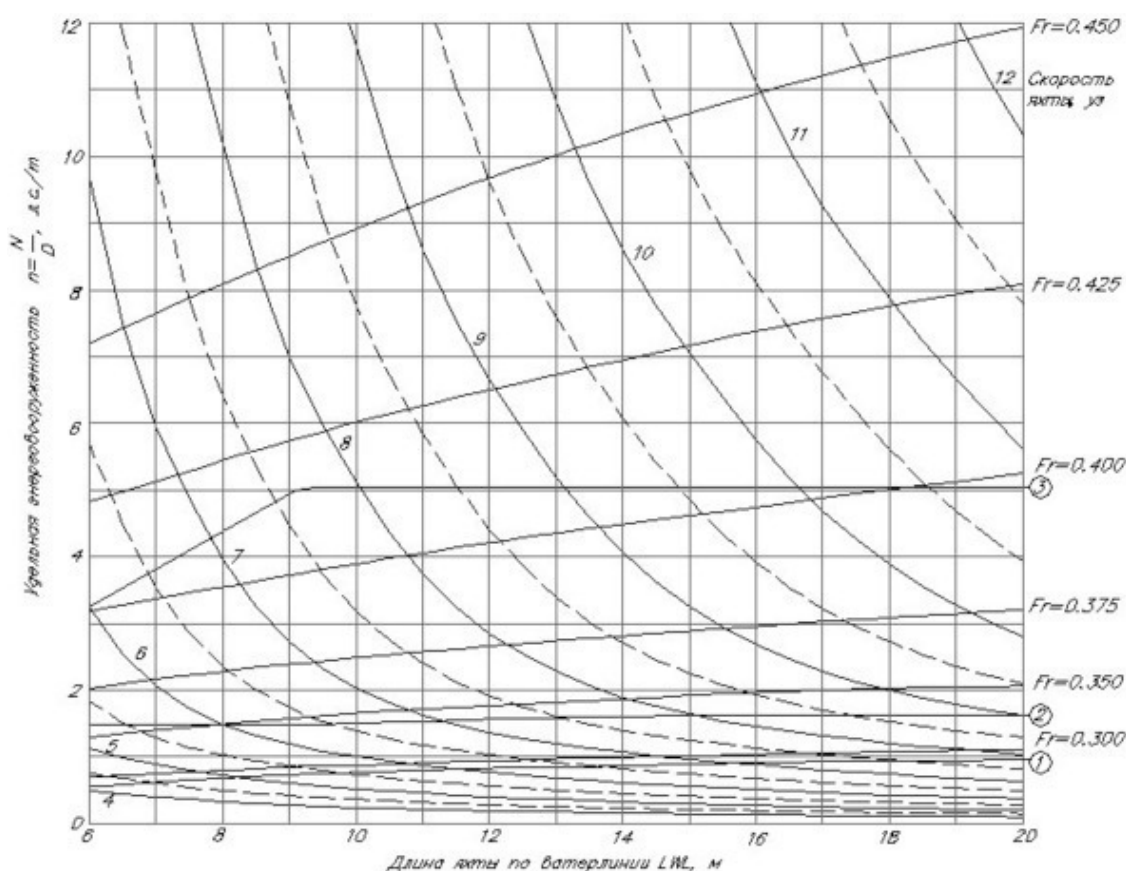


Рис.1. Диаграмма для выбора мощности двигателя парусно-моторной яхты
1 – минимальная скорость по Правилам ORC;
2 и 3 – нижний и верхний пределы для большинства современных яхт;

Диаграмма для выбора мощности двигателя парусной яхты от яхтенного строителя Альберта Назарова

Итак, с первым вопросом более-менее все ясно, причем мощность можно подобрать по району плавания и личным предпочтениям. Необходимость постоянно преодолевать сильные течения, неопытный экипаж, в конце-концов, просто любовь к «мотор-сейлерам», заставит выбрать для себя двигатели в районе верхнего предела. «Отмороженные» парусники-крейсерики предпочтут экономичный маломощный движок, который будет запускаться лишь для того, чтобы зайти в порт, чтобы не болтаться без хода в штилевых условиях, и обеспечивать в походе электроснабжение.

Часто выбор излишне мощного двигателя обосновывают необходимостью «запаса мощности» и «обеспечения безопасности». Однако такое решение всегда будет связано с дополнительными расходами в процессе установки и эксплуатации.

Чтобы перевести эти слова в реальный анализ, «в цифры», проще всего оценить возможность движения судна под двигателем против ветра без учета волнения. Эта ситуация характерна для лодки, живущей в «защищенных» водах.

Ветровое сопротивление, которое испытывает судно, пропорционально квадрату скорости ветра, и описывается формулой:

$$R = 0,07 * K * V^2 * S_{\text{мид}}, \text{ (кгс)};$$

где K – коэффициент воздушного сопротивления: обычно составляет 0,6...0,9;

V – скорость ветра в м/сек;

$S_{\text{мид}}$ – суммарная площадь поперечного сечения лодки выше КВЛ, включая площадь рангоута и такелажа.

Приняв для проекта Hout Bay 40 в варианте гафельной шхуны $S_{\text{мид}} = 10 \text{ м}^2$, $K_v = 0,7$, сводим результаты расчетов в таблицу:

Сила ветра м/сек	1	3	5	10	15	20	25	30
Ветровое сопротивление кгс	0,5	4,4	12	49	110	196	306	441

Расход топлива зависит от мощности, снимаемой с двигателя винтом. В оптимальных условиях, когда двигатель работает в своей экономичной зоне оборотов, производители декларируют для такого порядка мощностей 185—195 гр. расхода дизельного топлива из расчета на 1 л. с. Относительно большие двигатели обычно более экономичны, по сравнению с маломощными. Удельный вес дизельного топлива составляет около 0,8. Для приведения лодки в движение, и обеспечения экономичного хода 5 узлов (см. табл.) нужна мощность 6—8 л.с. с часовым расходом топлива около 1,5 – 2 л.

Первые цифры относятся к «пустому» корпусу, вторые – к «груженому».

Увеличение скорости лишь на один узел удваивает необходимую мощность и, соответственно, расход топлива. Необходимость использовать весь запас мощности двигателя, или наоборот, работа с небольшой нагрузкой выводит его из экономичной зоны, удельный расход увеличивается до 200—210 и более грамм на 1 л. с.

Практические эксперименты показали, что дизель Mitsubishi 4D56 (1,5 литра, автомобильный) расходует на этом корпусе на скоростях 5—6 узлов 5—6 литров в час, а на скорости 8 узлов – около 18 литров в час. Это был мой первый вариант судовой машины, который эксплуатировался два сезона. Он практически на пределе использовал возможности винта диаметром 430 мм, заставляя его работать на максимальной мощности вблизи начала кавитации.

«Запас мощности» был вполне достаточен, машина обеспечивала максимальный упор около 600 кгс. Теоретически, лодка с таким двигателем способна пробиваться против любого ветра где-нибудь в защищенной от волны акватории.

Однако такие характеристики потребовали немалой цены. Большой расход топлива на частичных нагрузках, в экономичном режиме движения, снизил автономность вдвое от оптимальной, движение под двигателем сопровождалось сильным шумом в кают-компании. Дополнительная звукоизоляция «не вписывалась» в размеры машинного отделения и требовала изменения компоновки.

Нет худа без добра, это как раз и подвигло на изучение теории, и последующую замену двигателя на более экономичный.

Исходя из оптимизации по автономности, достаточно использовать двигатель мощностью 20 л. с. Такой двигатель выглядит **минимально возможным** из соображений безопасности, обеспечивая упор более 200 кгс. Максимальная скорость яхты на тихой воде также выглядит вполне достойной, составляя 6,5 – 6,7 узла. «Штилевой» экономичный ход со скоростью 5 узлов с потреблением топлива менее 2 л. в час обеспечивает переход в 1000 морских миль, или 500 – 600 часов зарядки бортовых аккумуляторов со штатной топливной цистерной объемом 350 л.

В связи с этим встал вопрос о замене винта. Стоявший у меня до сих пор трехлопастник от Vetus 17 дюймов с шагом 9 дюймов прекрасно работал, но становился заметным тормозом под парусами. Нужный по расчету трехлопастный винт 16х8 выглядел тоже достаточно большим по размерам. Может быть, есть смысл поставить флюгерный винт, к примеру от Махргор, у которого лопасти поворачиваются «по потоку» во время хода под парусами? Так его цена в несколько раз больше!

По одним слухам, обычный винт на парусной яхте снижает скорость на 10—15%, по другим – скорость может упасть и на узел...

И тут передо мной встала задача, попробовать рассчитать потери, вносимые винтом, и прочими деталями, например, цинковыми протекторами, выступающими из корпуса, и выяснить, как они влияют на суточный переход. Кроме того, мне хотелось получить представление о расходе топлива и влиянии на расход гидродинамики корпуса.

Посчитав сопротивление корпуса, и приняв диаметр винта 17 дюймов и $C_x = 0,5$, я получил совершенно удручающие результаты.

Формула для расчета сопротивления заторможенного винта в потоке воды.

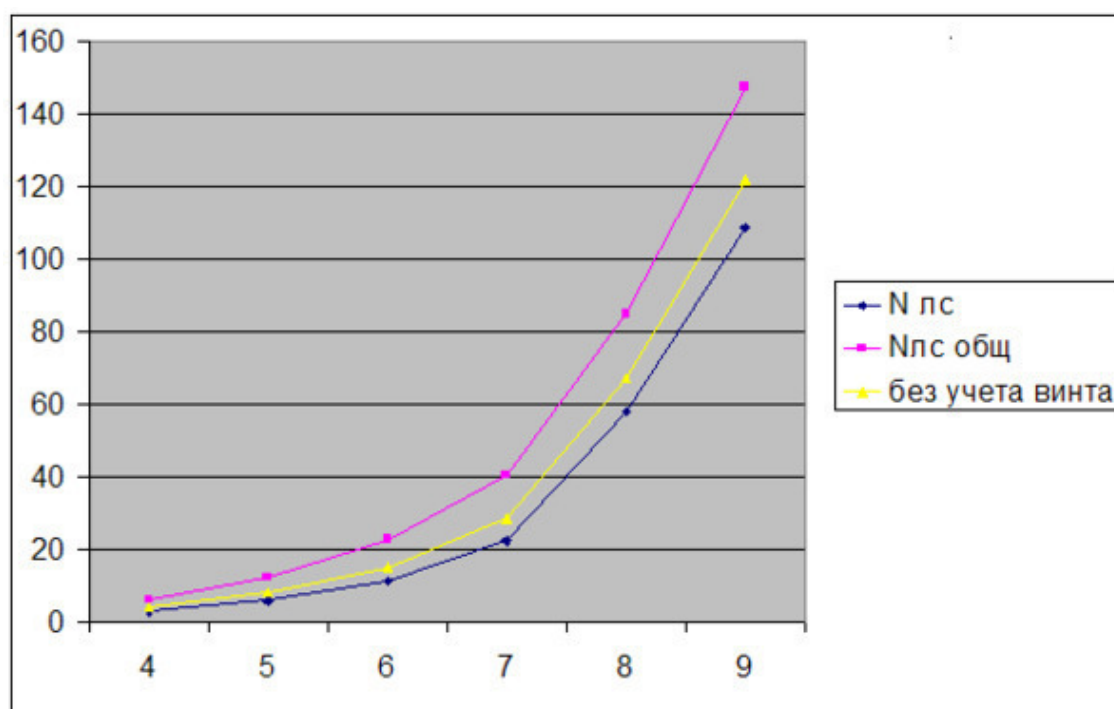
$F = C_x \cdot S \cdot \rho \cdot v^2 / 2$; S – поперечная площадь тела, v – скорость лодки.

Параметры яхты (проект Hout Bay 40): длина КВЛ 10 м, ширина КВЛ 3.5 м, $D=13$ кубов.

Площадь заторможенного винта при дисковом отношении 0,5 – 0,049 кв. м., площадь цинковых протекторов – 0,025 кв. м.

При таких исходных данных расчетное сопротивление корпуса на скорости 4 узла – 57 кгс, а сопротивление винта – 49 кгс, протекторов – 25 кгс. Если скорость лодки возрастает, соотношение меняется, к примеру на 7 узлах – 278 – 149 – 77, то есть относительное влияние винта и прочих выступающих деталей падает с увеличением скорости. Это связано с возрастающим вкладом сопротивления формы.

В результате несложных вычислений получается вот такой график мощностей, по горизонтали – скорость в **узлах**, по вертикали – мощность двигателя, приводящего судно в движение, в **лошадиных силах**.



N – мощность движителя, необходимая для движения «чистого» корпуса без протекторов и винта, **N общая** – мощность, нужная, чтобы двигать лодку при заторможенном винте, и с учетом протекторной защиты. **N без учета винта** – мощность для корпуса с протекторами. Этот график предназначен для иллюстрации потерь от протекторной защиты, **при движении под дизелем.**

Видно, что заметную долю вносят протектора, установленные на корпусе.

Оценка совпадения теоретических расчетов – с реалом довольно близко, также как и таблицей, приведенной в начале главы, во всяком случае лодка разгонялась до 8 узлов с мощностью 60—70 лс, сопротивление винта на скоростях 4—5 узлов по оценке примерно совпадает с расчетом.

Результаты расчетов позволяют сделать следующие выводы:

1. При движении под парусами лодка испытывает большое сопротивление от винта и протекторов.

Для движения со скоростью 5 узлов для «чистого» корпуса необходимо меньше 6 л.с., на корпусе «с навеской» при той же силе ветра лодка получит ход около 3,5 узлов. При усилении ветра влияние винта уменьшается, но остается довольно заметным – мощность 22,3 л.с., «чистый» корпус – 7 узлов, «реальный» – 5,8.

В реальном походе можно считать, что на типичных скоростях 4—6 узлов под парусами мы получим ежесуточные потери 30—40 миль, заметно уменьшить которые можно, используя складывающийся, либо флюгерный винт. Если при этом требуется обеспечить экономичность хода под двигателем, остается только флюгерный, так как к. п. д. складного винта заметно ниже. У «флюгера» фирмы Макспроп есть еще одно, очень важное преимущество. Шаг его лопастей можно уточнить по результатам испытаний, потому что он выставляется при сборке винта.

2. При движении под двигателем на скорости 6 узлов необходимая мощность – 11,1 л.с., навешенные протектора увеличивают ее до 15 л.с.! При этом расход топлива увеличивается от 2,6 л до 3,6 л за час. Для движения со скоростью 7 узлов необходимая мощность, соответственно, – 28,4 против 22,3 л.с., а расход топлива возрастает от 5,3 л до 6,7 л за час работы дизеля.

Отсюда следует интересный вывод – **на 100 литрах диз. топлива и на скорости 6 узлов лодка пройдет 231 милю, со скоростью 7 узлов – 132 мили.**

А если на корпус установить угловатые цинки протекторной защиты, то **167 миль и 104 мили, соответственно.**

3. Вместо «протекторов» можно подставить необходимое, по вкусу – неудачную конструкцию скега или руля, обрастание корпуса в результате неправильного выбора краски, волочащиеся на ходу за кормой концы, тузик, и рыболовные снасти. Отметим, что «лишнее» сопротивление корпуса ниже ватерлинии сильно ухудшает показатели лодки, в отличие от «лишнего» веса. Поскольку сопротивление корпуса сильно зависит от ряда малозаметных факторов, на практике теоретические цифры сопротивления корпуса могут легко вырасти на 20—30% и более. Практический пример – после «большого» ремонта, когда подводная часть обрабатывалась пескоструем и покрывалась заново, скорость корпуса при прочих равных условиях выросла примерно на 10% – добавочные пол-узла хода.

4. Вся «теория», приведенная выше, подходит для оценки движения хорошо спроектированных и построенных яхт, имеющих винт с диаметром 4—5% от длины КВЛ.

5. КПД флюгерного винта ниже, чем у обычного винта, примерно на 10%, КПД складного – на 20—30%.

Судовая машина

Первый подход (2004—2005)



2001 год. Прообраз машинного отделения

Я написал тогда: «Вопрос о выборе двигателя даже не стоял. Имея некоторый опыт эксплуатации и ремонта российских 4ча и зная цену на „янмары“ и прочие „волвопенты“ не остается никакого варианта, кроме использования „родного“ японского автомобильного дизеля. Мне по случаю достался 2,5 литровый „Мицубиси“ со свежеперевернутого микроавтобуса. Зато редуктор ждал своего часа много лет. Запасной „нулевой“ агрегат с польского дизеля „Рекен“, здоровенный и тяжелый, но простой и с гидравлическим управлением, упорным подшипником и водяным охлаждением. Потом к этому всему понадобятся – вал, винт, подшипники и сальник, система охлаждения, питания, выхлоп и прочие ужасы.»

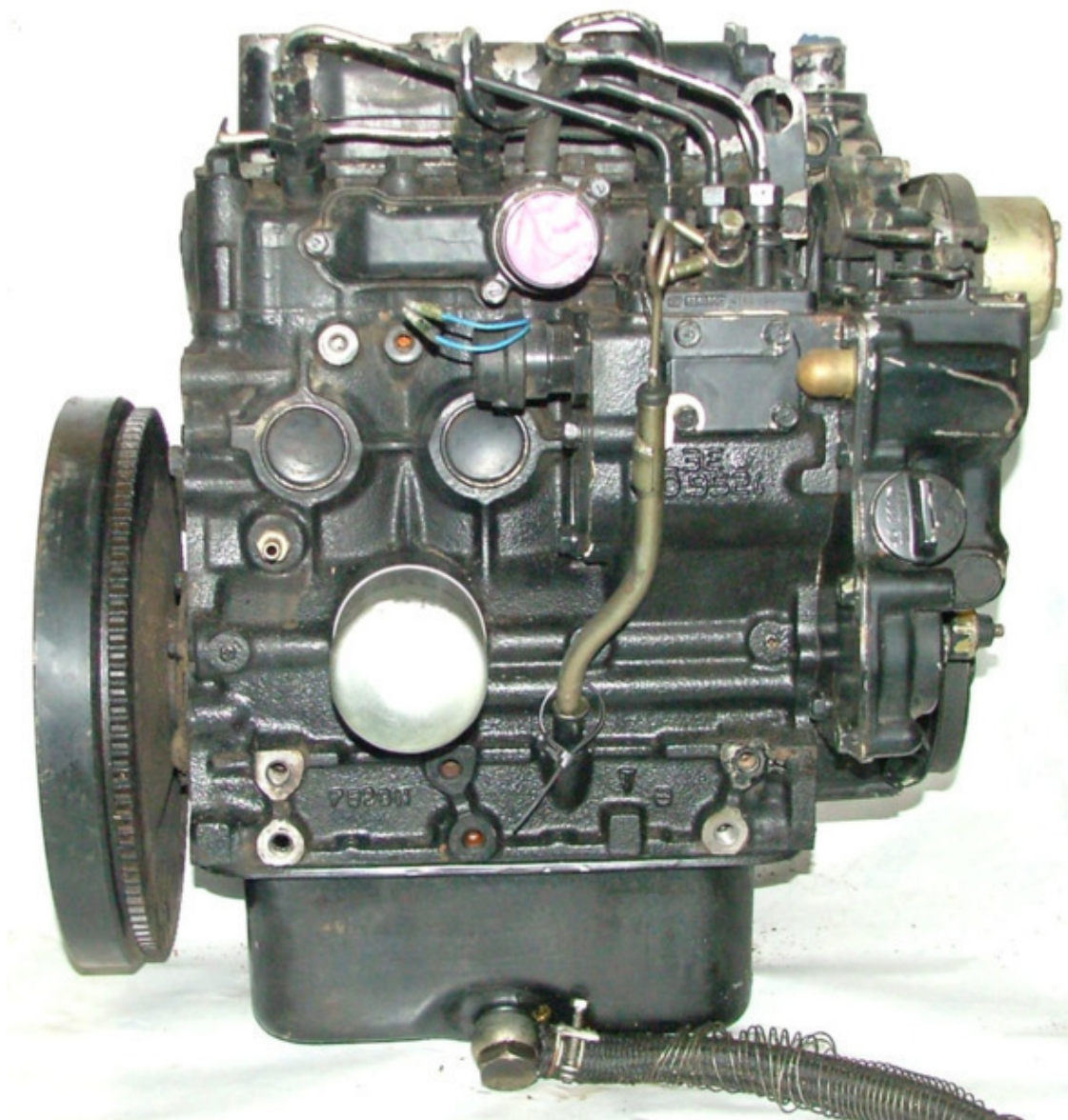
Оглядываясь назад, в 2001 – 2004, годы строительства, когда одновременно решалась задача достройки корпуса, оснащения, пошива парусов, с постоянным цейтнотом и волевым распределением ресурсов и средств, текст этот выглядит наивным, тем интересней, что результат можно в целом считать успешным.

Первый эксперимент с двигателем окончился довольно быстро – дизель **Mitsubishi 4D56** с японской «разборки» «умер» после пары сезонов эксплуатации. В результате был сделан вывод, что основной причиной аварии был выбор неподходящего двигателя – автомобильного, с «резиновым» ремнем газораспределения, и эксплуатация в нехарактерных

для него режимах. Было наделано много ошибок при проектировании и монтаже сопутствующих систем и узлов. Тем не менее, задачи, поставленные перед ним, он выполнил – лодка успешно сходила в дальний поход на Цусиму, и, что не менее важно, был получен опыт конвертации и использования автомобильного дизеля в море, который удалось применить при строительстве версии 2 – на основе индустриального двигателя.

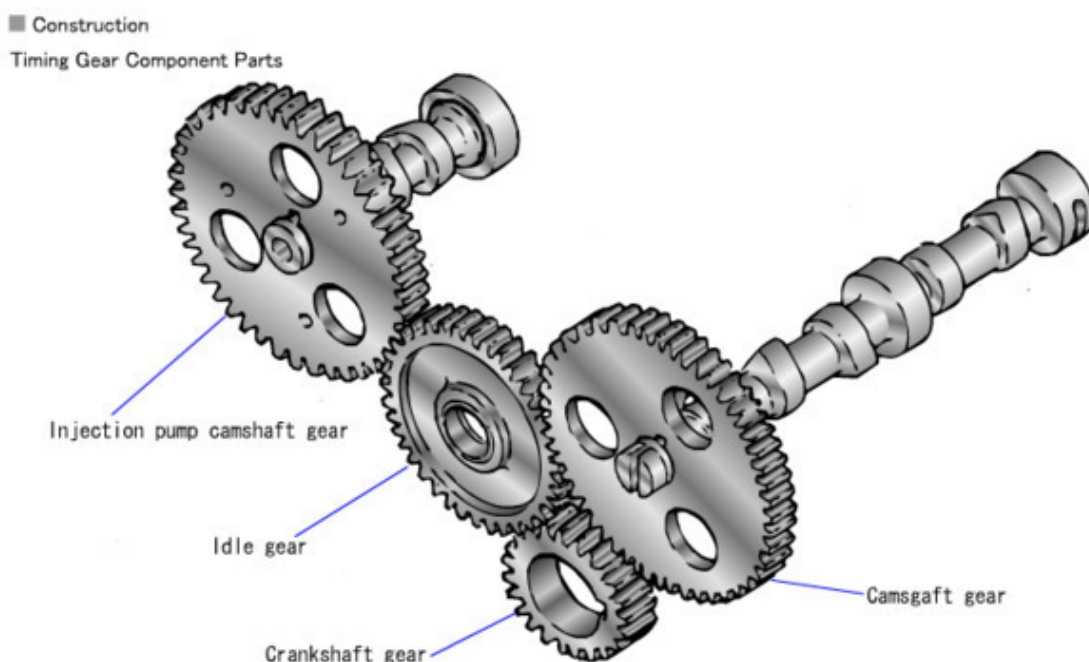
Версия 2. Дизель Mitsubishi L3E (2005 – 2012)

Его удалось приобрести в течение пары месяцев с момента постановки задачи.



Поиски подходящего индустриального (тракторного) двигателя объемом 1,2 -1,5 л успехом не увенчались, а вот двигатели в районе литра и чуть меньше широко используются в рисоуборщиках, минитракторах, электростанциях и сварочных аппаратах японского производства. Двигатель с рисоуборочного комбайна и был приобретен для конвертации.

Дизель сделан с применением самых простых, и поэтому надежных конструкторских решений и рассчитан на длительную работу в условиях максимальной мощности.



У него механизм газораспределения на шестернях и рядный ТНВД, традиционно и удобно регулируемые зазоры клапанов.

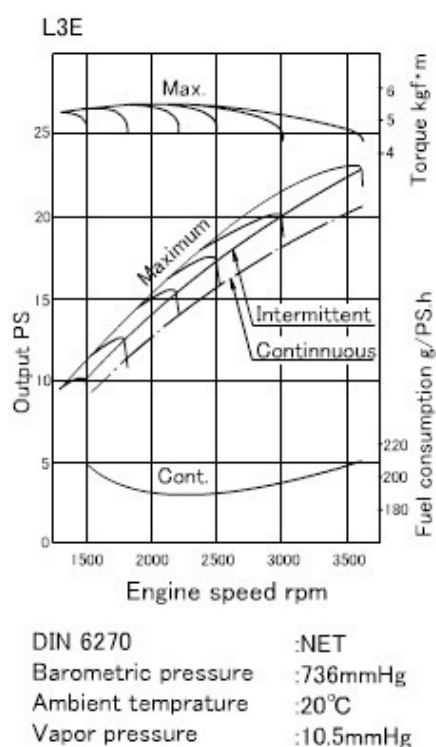
Если верить табличке, двигатель этой серии предназначен для работы с постоянным креном-дифферентом 25 градусов, а на полчаса, при необходимости, его можно наклонить и на 30 градусов. Сухой вес 75 кг.

0-05 ENGINE SPECIFICATION								
		Item	L2A	L2C	L2E	L3A	L3C	L3E
General	Engine Type	4-Cycle, Water-Cooled, Vertical, Diesel						
	Firing Order	1-2			1-3-2			
	Compression Ratio	23						
	Combustion Chamber	Swirl Chamber						
	Dry Weight	61				75		
Cylinders	Number of Cylinders	2				3		
	Bore x Stroke (mm)	65 x 70	70 x 70	76 x 70	65 X 70	70 X 70	76 X 70	
	Total Displacement (lit.)	0.464	0.538	0.635	0.696	0.808	0.952	
Performance	Maximum Power Maximum Torque Specific Fuel Consumption	See The Engine Performance Curves.						
List Ability	In Every Direction (To Lower Limit of Oil Level)	25° Continuous				30° in a short time (within 30 min.)		
Fuel System	Injection Pump Nozzle Fuel	Bosch NC Type Throttle Type JIS No.2 or No.3 Diesel Fuel						
Lubrication system	Lubricating Method Oil Filtration Oil Capacity (lit.) Upper Limit / Lower Limit [Excluding 0.5(lit.)for Oil Filter]	Forced Lubrication Paper-Element Filter (Full-Flow Type)						
		2.4 / 1.4				3.0/1.5, 3.6/1.8 or 4.8/3.0		
Cooling System	Cooling Method Coolant Capacity (lit.) (Except, Radiator and Hose)	Forced Water Circulation with Pressurized Radiator						
		1.2				1.8		
Accessories	Alternator (V/A) Starting Motor (V/kW) Battery (Ah)	12 / 15 or 12 / 40 12 / 1.2 or 12 / 1.6						
		45 or more				60 or more		

Общие характеристики двигателей L2 и L3

Характеристики мощности L3E в цифрах:

об. в мин.	Продолжит. л.с.	В течение 1 часа л.с.
1500	8,9	9,9
1800	11	12,2
2000	12,5	13,7
2200	13,7	15,2
2500	15,6	17,3
3000	17,7	19,7
3600	20,4	22,7



Максимум крутящего момента на 2—2,5 тыс. об. мин. Экономичный режим – от 2,2 до 2,7 тыс. об. мин. с потреблением топлива около 190 г/л.с. в час, при нагрузке от 13,7 до 15,6 л.с.

Двигатели этой серии выпускались для различных применений, и с разными спецификациями, которые, судя по сервисной инструкции, отличались максимальными рабочими оборотами, материалами, применяемыми для изготовления ответственных узлов, дополнительными деталями уплотнений.

Мне достался двигатель со спецификацией 3 тыс. об. мин, что означало максимальную мощность 20 л. с. Это выяснилось уже после сборки машины на лодке и проверки максимальных оборотов тахометром.

Система охлаждения двигателя

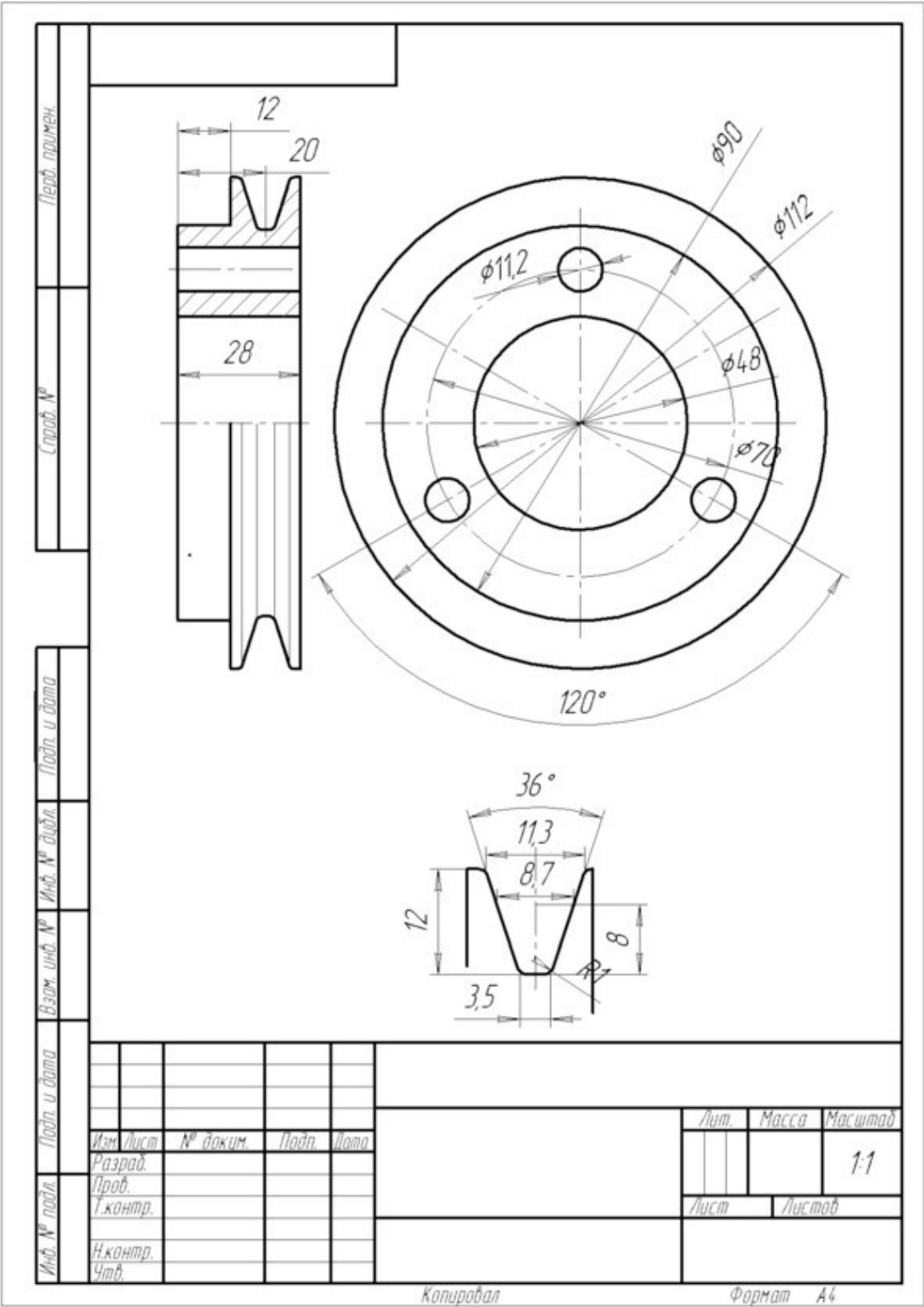
Для работы двухконтурной системы охлаждения по типовой схеме, необходимо вместо штатного радиатора установить водо-водяной холодильник (далее BBX), оставив на месте термостат. Это сформирует внутренний контур охлаждения, в котором под действием штатной помпы циркулирует тосол. Для внешнего контура охлаждения понадобится кингстон, фильтр морской воды, помпа внешнего контура, прокачивающая морскую воду через BBX, охлаждаемый выхлопной коллектор. После этого вода сбрасывается назад в море через выпускной тракт.

Помпа морской воды

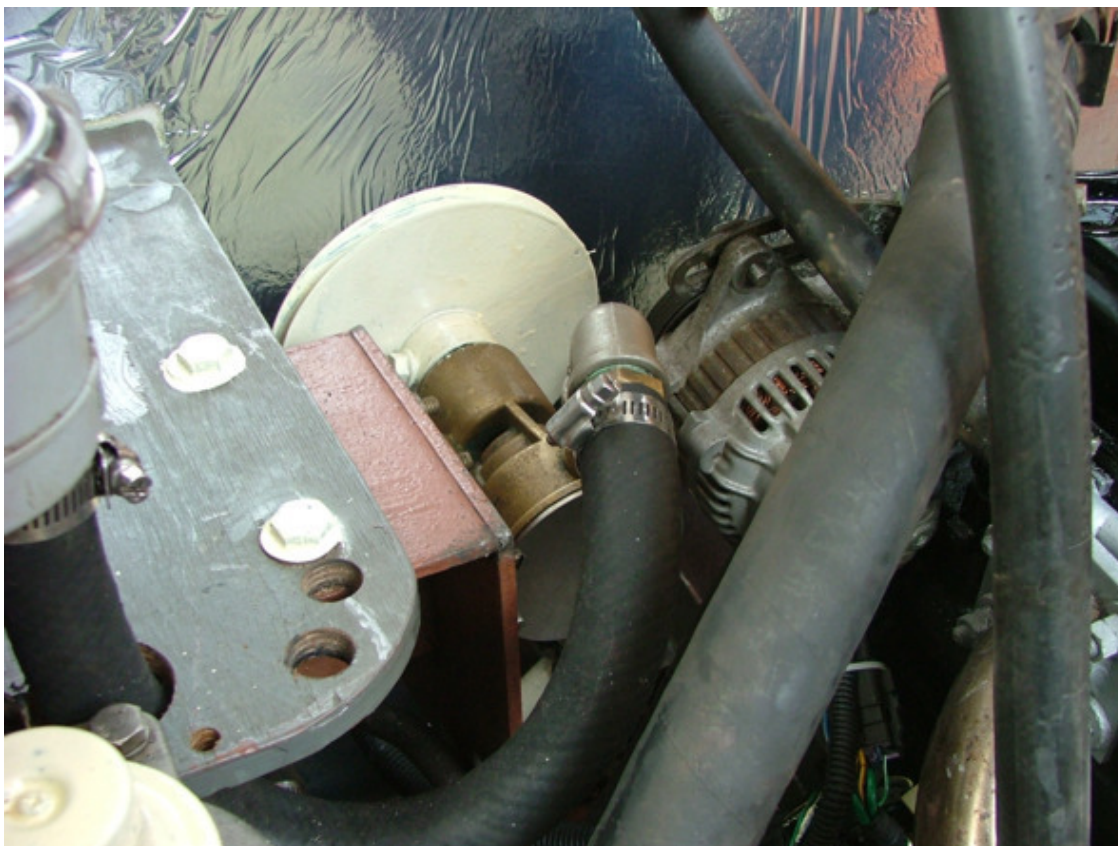
Здесь не обойтись без минимальных расчетов. По надежной информации (Ю. Н. Мухин, Б. Е. Синильщиков. Автомобильный двигатель на катере) необходимо обеспечить не менее 40—50 л. в час на 1 л.с. = $50 \cdot 20 = 1000$ л. ч. = 17 литров в минуту. В качестве помпы внешнего контура была использована стандартная CWP46.

Это помпа с резиновой крыльчаткой, она есть в каталогах Jabsco и Vetus, обеспечивает перекачку 46 литров в минуту при 2000 об. мин. на валу. Соответственно, для нормальной работы системы охлаждения на максимальных оборотах двигателя необходимо обеспечить не менее 1000 об. мин. вала помпы (23 литра в минуту). Передача вращения с двигателя – шкив на коленвале и ременная передача (см. чертеж).

Забор воды происходит через кингстон в днище, снабженный вентилем, отрезок вертикального трубопровода, который поднимается выше уровня ватерлинии и заканчивается фильтром морской воды.



Шкив на оси коленвала двигателя

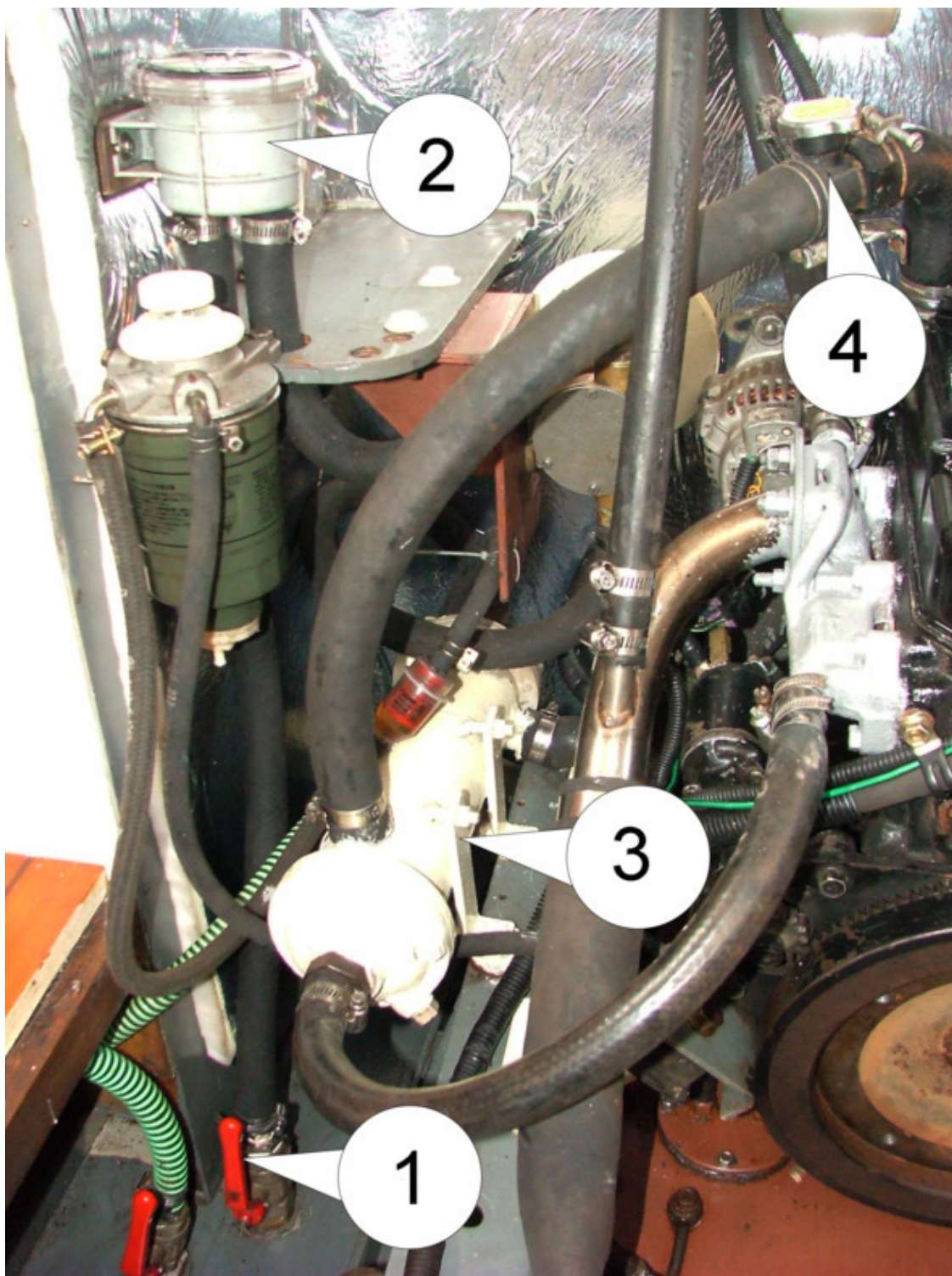


Помпа морской воды

Фильтр нужно подобрать по максимальному потоку воды, который обеспечивает помпа (не менее 23 литров в минуту) и расположить в удобном для быстрого доступа месте.

Он должен легко открываться для очистки без применения инструментов. Не стоит использовать различные сетки и обтекатели на водозаборе, уменьшающие входное сечение. Они будут забиваться в первую очередь, отнимая работу у фильтра, в них образуются колонии морской флоры и фауны, а для чистки такой сеточки придется изрядно понырять под корпус.

Все эти мероприятия позволят максимально быстро, без перекрытия кингстона, очистить фильтр от морской травы, полиэтилена, другого плавающего мусора, и за несколько секунд восстановить работоспособность двигательной установки в море.



1 – кингстон охлаждения, 2 – фильтр морской воды, 3 – водо-водяной холодильник, 4 – крышка первого контура охлаждения

Водо-водяной холодильник (ВВХ)

В качестве ВВХ использован подвернувшийся холодильник для масла от польского дизеля «Рекен». Морская вода внешнего контура проходит по медным трубкам-теплообменникам. Вместо масла вполне можно пустить тосол внутреннего контура. Чтобы понять, подходит ли холодильник, нужно снять его крышку, посчитать количество трубок-тепло-

обменников, измерить их длину и внутренний диаметр. У «нашего» оказалось 58 трубок с Φ внутр. 6мм длина 275 мм, в результате поверхность теплообмена $S = 3005 \text{ см}^2$. Рекомендуемая поверхность теплообмена не менее 45—55 см^2 на 1 л.с. мощности двигателя (Ю. Н. Мухин, Б. Е. Синильщиков. Автомобильный двигатель на катере), $3005/55=55 \text{ л. с.}$

Холодильник оказался с хорошим запасом по теплообмену, который полезен при эксплуатации, и увеличивает надежность системы. Корпус ВВХ потребовал небольшой доработки. Рекомендованный диаметр трубопровода внутреннего контура не меньше $d=3,5 \cdot \sqrt{\text{корень из (мощность в л.с.)}}$ = 20мм. Поскольку штатные патрубки, предназначенные для масла, были меньшего диаметра, они были срезаны, диаметры отверстий увеличены, и приварены новые патрубки с внешним диаметром $\Phi 28$, таким же, как и у патрубков охлаждения двигателя.

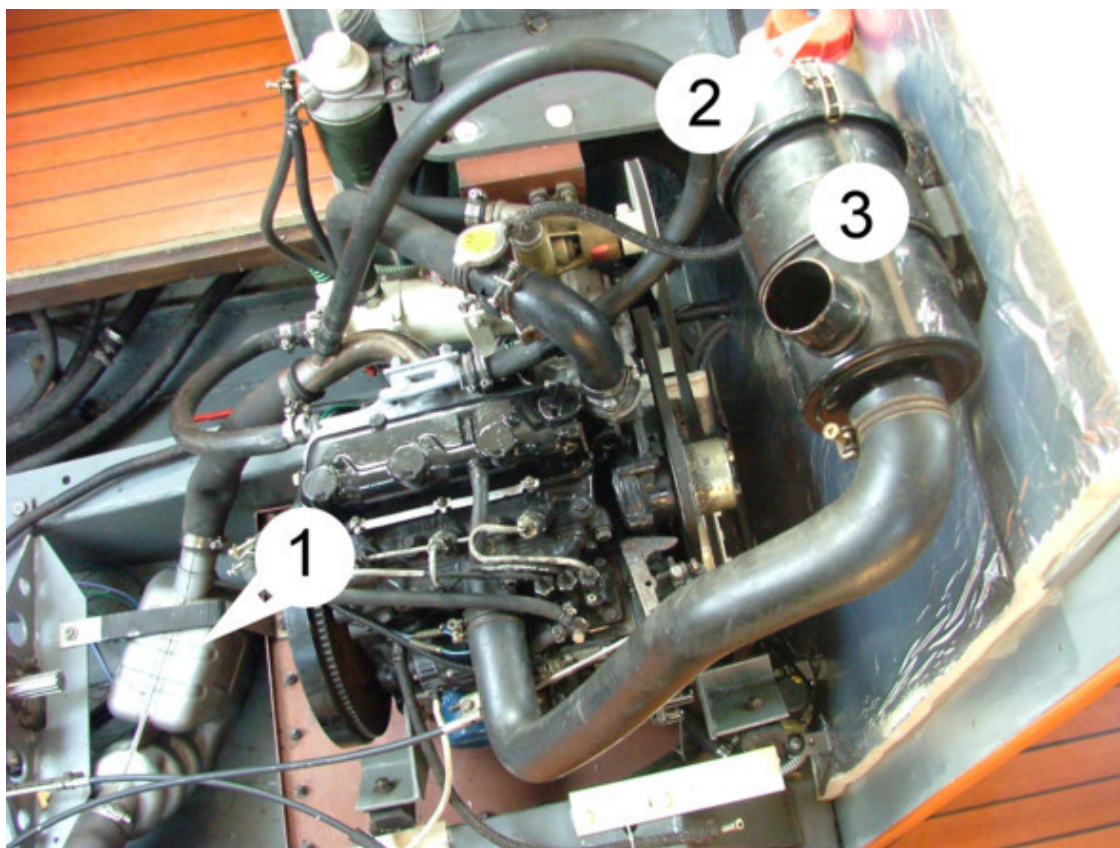
Охлаждение выпускного коллектора

Выхлопной коллектор двигателя в штатном режиме (на комбайне) охлаждался потоком воздуха от вентилятора. Поскольку вентилятор в конвертированном варианте отсутствует, коллектор придется охлаждать принудительно.



Охлаждаемый морской водой выпускной коллектор (светлый). Ниже – выхлопной тракт с врезанной в него под острым углом трубой «мокрого» выхлопа.

Для этого достаточно напаять на него твердым припоем кусок медной трубки внутренним диаметром около 15 мм, и пустить через нее поток воды внешнего контура. Теплообмена по месту пайки достаточно, чтобы снизить температуру коллектора до 70—90 С. Охлаждение коллектора необходимо еще и по следующей причине – после коллектора проходит неохлаждаемый участок выпускного тракта, условия работы которого очень желательно смягчить.



1 – «водяной замок» (ватерлок), 2 – расширительный бачок первого контура охлаждения, 3 – воздушный фильтр впускного тракта. После охлаждения выпускного коллектора морская вода поднимается петлей шланга до подволока машинного отделения (столешницы мойки), чтобы исключить возможность заполнения двигателя водой через выпускной коллектор, затем под углом впрыскивается в выпускной тракт, формируя «мокрый» выхлоп.

Выпускная система

Яхтенный двигатель, как правило, оборудуют «мокрой» системой выпуска. При этом в выпускной тракт впрыскивается вода внешнего контура, выполнившая свою задачу по охлаждению двигателя. Выхлопные газы, смешиваясь с водой, охлаждаются и уменьшают свой объем, за счет чего эффективно глушится шум выхлопа. Выхлопные газы, проходя по выпускному тракту, увлекают за собой воду охлаждения, и выбрасывают ее наружу. И хотя особенности внутренней компоновки парусной яхты часто заставляют располагать выпускную трубу с «неправильным», обратным уклоном, подобное исполнение выпуска, как оказалось, успешно справляется со своей задачей. Однако такое решение порождает новые проблемы, первая из которых – опасность повреждения двигателя морской водой. Дизель на яхте обычно расположен ниже ватерлинии, при его остановке и охлаждении, он будет втягивать воду, оставшуюся в выпускном тракте. При определенных условиях, за счет «сифонного» эффекта, цилиндры дизеля могут быть полностью заполнены морской водой через открытые выпускные клапаны. Особенно неприятно, когда эти «определенные условия» складываются в море, вдали от цивилизации и подходящих инструментов для ремонта. Рассмотрим, как это может происходить, и способы борьбы с такой опасностью.

Вода может заполнить выпускной тракт через изношенную или разрушенную крыльчатку помпы морской воды, пропускающую воду. Чтобы предотвратить это, один из участков внешнего контура охлаждения между помпой и выпускным трактом нужно поднять выше уровня ватерлинии. Конечно, нужно сделать запас – использовать уровень ватерлинии при макси-

мальной загрузке лодки и добавить еще 20—30 см. Наиболее подходящий для формирования колена участок внешнего контура – непосредственно перед местом впрыска воды в выпускной тракт.

Опасность «сифонного» эффекта можно предотвратить, врезав в верхней точке колена клапан или тройник, соединяющий трубопровод с атмосферой, однако без него в реальных условиях можно обойтись – при типичных диаметрах трубопровода 15—20 мм и сопротивлении, создаваемом на входе фильтром, крыльчаткой, холодильником, «сифон» не образуется.

Второй путь, доступный для воды, ищущей дорогу к двигателю – со стороны выпускного тракта. В выпускной трубе после остановки двигателя всегда остается какое-то количество воды, которая собирается в ее нижней точке. Если труба длинная, воды будет довольно много. В условиях длительного движения с попутным штормом, вода будет попадать в выпускной тракт через выходное отверстие в транце, постепенно заполняя его. Опасность заливания двигателя со стороны выхлопа может быть снижена путем установки в нижней точке выпускного тракта ватерлока – буферной емкости для воды специальной формы, подъемом выпускной трубы на 40 – 50 см выше ватерлинии, и установкой на выходе лепестковых клапанов.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.