

**Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования «Дворец
детского (юношеского) творчества» города Сарова**

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

**«ПОСТРОЙКА МОДЕЛИ ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ КЛАССА ЕЛ-600
С ОТЛИЧНЫМИ ХОДОВЫМИ КАЧЕСТВАМИ»**

Разработал:

**Недойкаш Ю.М.,
педагог дополнительного образования
высшей категории**

**Саров
2024**

ВВЕДЕНИЕ

Любимый герой подростка - человек активный, стремящийся к цели, преодолевающий серьезные, почти непреодолимые препятствия и выходящий из них победителем [1]. Быть победителем, стать победителем путем упорного труда, работы ума и рук - очень важно для становления мировоззренческой позиции подростка, во многом определяющей его отношение к себе, к людям, к обществу в целом.

Поэтому одна из главных задач педагога - создать ситуацию успеха для школьника как на отдельных этапах его работы над моделью, так и по итогам его работы в целом. К сожалению, получается это не всегда: кружковец построил модель подводной лодки, а она никак не погружается и не плывет под водой. Ситуация осложняется, если ему предстоит выступать на соревнованиях, где публично приходится сравнивать свою модель с работами других ребят. Избежать травмирующего опыта неудач, разочарования в себе юный судомоделист может тогда, когда рядом с ним есть опытный и знающий наставник.

Как показал опыт судомodelьных соревнований, слабым местом моделей подводных лодок являются ходовые испытания, поэтому успех модели очень часто зависит именно от её ходовых качеств. Цель данных методических рекомендаций - помочь начинающим педагогам и юным моделистам взвешенно подойти к выбору прототипа и конструкции корпуса модели, а также воспользоваться целым рядом оригинальных технических, конструкторских и рационализаторских решений, обеспечивающих постройку модели подводной лодки с отличными ходовыми качествами. Рекомендации по изготовлению надстроек, вооружения, деталей и устройств моделей подлодок не отличаются от рекомендаций, аналогичных для надводных кораблей и хорошо описаны в литературе [2].

Модели, построенные с учетом этих рекомендаций, успешно выступали на областных и Российских соревнованиях.

1. Требования к модели класса ЕЛ-600.

Согласно существующей в судомодельном спорте классификации [3], модель подводной лодки класса ЕЛ-600 представляет собой масштабную копию настоящего корабля или самостоятельную конструкцию и подвергается стендовой оценке и ходовым испытаниям.

Длина модели не более 600 мм, площадь рулей может быть увеличена (по сравнению с масштабной) в 2 раза, диаметр винтов - в 1,5 раза, но не может быть больше 35 мм. Двигатель у модели - любой, но чаще всего - резиновый.

На соревнованиях такая модель должна начать движение, погрузиться в зоне погружения (примерно 2м), пройти дистанцию под водой и всплыть в определённой зоне – квадрате с размерами 2×2 кв.м.

Для получения максимальной оценки модель должна проплыть под водой около 10 метров за время, соответствующее масштабной скорости.

Изготавливают и выступают с моделью младшие школьники - ребята в возрасте до 15 лет (на день соревнований).

2. Выбор прототипа для постройки модели.

Модели старых подводных лодок (постройки примерно до 1960г.) в отличие от моделей современных лодок, имеют обычно больше деталей и устройств на рубке и палубе (включая артиллерийские орудия), а, значит, во время стендовой оценки могут получить больше баллов за объём работы и сложность. Однако корпуса таких моделей имеют сложную форму и трудны для новичков в точном и симметричном изготовлении, обеспечивающем прямолинейность хода.

Скорость таких подлодок невелика, а значит, и масштабная скорость также мала, что накладывает противоречивые дополнительные требования на ход модели. Ее скорость должна быть достаточно большой для того, чтобы под действием рулей загнать модель под воду в пределах зоны погружения (2м), и в то же время - достаточно малой, чтобы время прохождения дистанции соответствовало масштабной скорости. Такие взаимоисключающие требования ведут к кропотливой дополнительной работе на воде по регулировке скорости и глубины хода модели и, в случае неудачи, могут привести к отказу от масштабной скорости, а значит и к потере 20 дополнительных баллов.

Корпус современной подводной лодки представляет собой тело вращения с эллиптической носовой и конусообразной кормовой оконечностью, что позволяет ей достигать огромных скоростей -до 45 узлов (80 км/час). Корпус модели такой лодки с высокой точностью и чистотой поверхности можно просто выточить на токарном станке.

Большая скорость подводного корабля-прототипа позволяет указать в паспорте модели любую удобную масштабную скорость в пределах максимальной, что сводит регулировку скорости хода, фактически, к простому ее замеру и пересчету на скорость прототипа. Большая скорость способствует также хорошей устойчивости модели на курсе, уменьшая влияние посторонних помех и предметов.

Таким образом, выбор делаем в пользу модели современной атомной подводной лодки, так как для неё характерна:

- простота точного и чистого изготовления симметричного корпуса,

- высокая масштабная скорость.

Чертежи таких подводных лодок смотри, например, в [4].

3. Выбор расположения резиномотора.

Правила судомодельного спорта разрешают для моделей ЕЛ-600 расположение резиномотора как внутри корпуса, так и снаружи. Первый вариант, конечно, привлекателен с эстетической и гидродинамической точек зрения. Он также дает возможность получить дополнительные баллы за сложность модели, но при этом:

- корпус необходимо делать пустотелым и доступным для установки резиномотора;
- для того чтобы завести (закрутить) мотор, необходимо обеспечить к нему доступ, а лучше - частичное извлечение мотора для его вытягивания при заводке. Отсюда – необходимость изготовления в корпусе модели люков или даже разъемного корпуса;
- для удобного расположения мотора внутри корпуса часто приходится жертвовать частью его длины (а значит и соответствующей частью запасённой в нём энергии), а при наружном моторе - легко реализовать его максимальную длину.

Как известно, одновинтовая модель хорошо стартует и устойчива на курсе, если ее конструкция позволяет уменьшить реакцию винта - крен корпуса модели в сторону, противоположную направлению вращения винта. Реакция винта особенно сильно проявляется именно в момент старта модели, когда резиномотор заведен полностью и обладает наибольшим крутящим моментом.

Уменьшить реакцию винта можно, если:

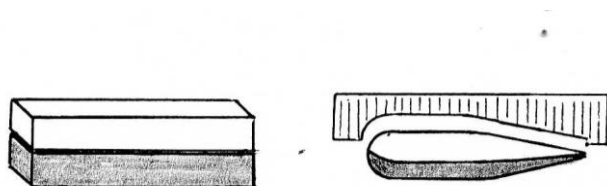
1. Сделать корпус модели по принципу Ваньки-Встаньки: низ - тяжелый (дерево + свинцовый балласт), верх – легкий (пенопласт). При внутреннем расположении мотора это сделать труднее, так как внутри корпус заполнен водой, да и сам мотор мешает.
2. Максимально разнести оси вращения корпуса и винта, что
3. легко осуществляется при наружном расположении мотора. Наружное, низкое расположение мотора и винта обеспечивает, к тому же стабильную работу винта без засасывания воздуха, особенно на старте.

Таким образом, выбираем наружное расположение резиномотора так как оно:

- наиболее просто в изготовлении;
- обеспечивает лучшие ходовые характеристики и остойчивость модели.

4. Изготовление корпуса модели.

Корпус модели изготавливаем комбинированный: верхнюю часть из пенопласта, нижнюю - из дерева (лучше из липы). Два бруска из этих материалов склеиваем эпоксидным (или другим водостойким) клеем (рис.1) и



обрабатываем полученную заготовку на токарном станке, проверяя соответствие форме и размерам по картонному шаблону (изготовленному по чертежу выбранной модели). Длина заготовки выбирается с учетом необходимости закрепления её в патроне станка. Другие размеры заготовки выбираются в соответствии с чертежом модели. Кстати, пенопластовая верхняя часть корпуса позволяет очень легко имитировать шпигаты и другие отверстия, в виду легкости обработки пенопласта.

Рис.1

5. Конструкция винтомоторной группы.

Увеличение площади рулей в два раза не только улучшает устойчивость модели на курсе, но и позволяет закрепить на нижнем крае вертикального руля дейдвудную трубу (рис.2).

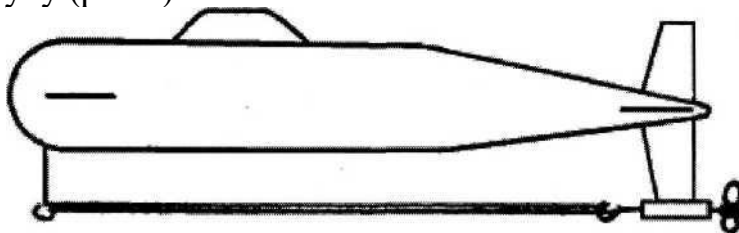


Рис.2

При этом:

- отпадает необходимость в традиционном специальном кронштейне для винта;
- винт оказывается позади кормовых рулей, что значительно облегчает его обслуживание и запуск модели;
- появляется возможность сделать длинную дейдвудную трубу, а значит, длинный гребной вал, что, несомненно, улучшит работу винта и устойчивость модели на курсе;
- появляется возможность установить гребной вал на шарикоподшипниках и создать систему смазки, что уменьшит потери на трение.

6.Изготовление кормовых рулей и дейдвудной трубы.

По чертежу модели вычерчиваются кормовые рули в необходимом масштабе с увеличенной в два раза площадью. Форму и размеры нижнего руля необходимо сделать такими, чтобы они позволяли резиномотору находиться ниже корпуса модели. Из листового дюралюминия толщиной 1,5-2 мм изготавливаются, как единое целое, верхний с нижним -вертикальные и левый с правым- горизонтальные стабилизаторы-рули. Затем, на половину ширины деталей прорезаются пазы для их соединения (рис.3). Паз в вертикальном стабилизаторе делается именно в носовой половине, чтобы не уменьшилась его прочность под действием полностью заведённого резинового мотора.

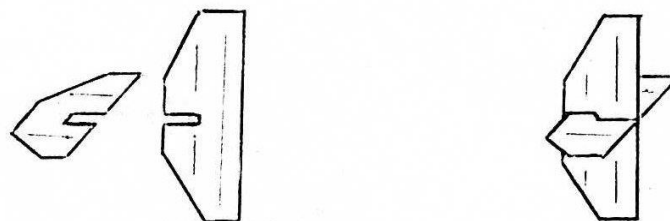
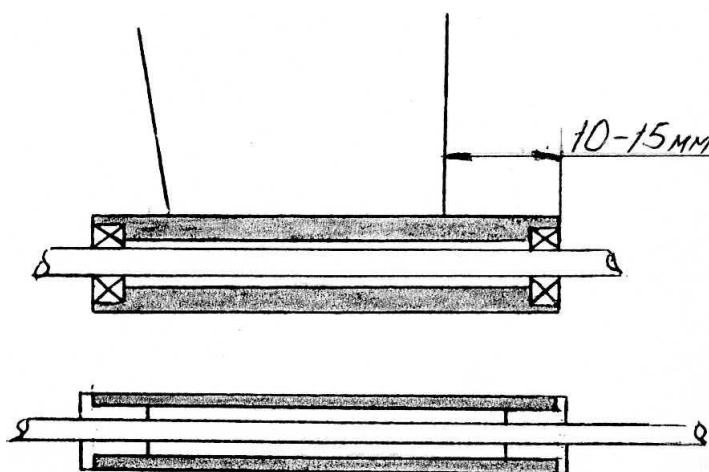


Рис.3

Дейдвудная труба имеет длину около 50 мм и изготавливается из материала той же марки, что и руля, чтобы можно было применить сварку. Стальной гребной вал имеет диаметр 3 мм, поэтому желательно в дейдвуд поставить два подшипника качения с внутренним диаметром 3 мм при минимальном наружном диаметре. При отсутствии подшипников качения можно поставить бронзовые или латунные подшипники скольжения, изготовленные в виде цилиндрических вставок (рис.4) .

Рис. 4.



Для хорошей работы винта с большим шагом необходимо, чтобы дейдвуд был длиннее нижней кромки руля, к которой он крепится, и выступал в сторону винта на 10-15 мм.

Крепление дейдвуда к нижнему краю вертикального руля можно осуществить разными способами, самым кардинальным из которых является сварка. Некоторые из других способов приведены на рис.5: крепление с помощью хомутов и заклепок.

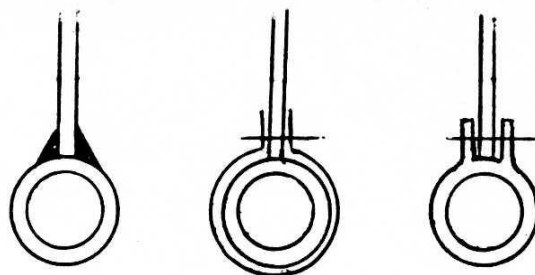
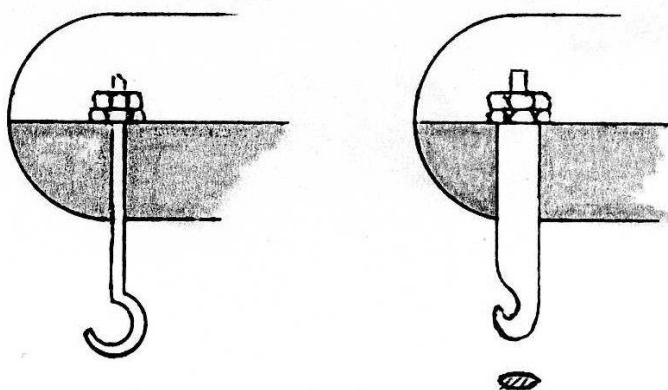


Рис.5

Для установки рулей в корпусе модели делаются ножовкой два взаимно-перпендикулярных пропила, куда они вклеиваются на эпоксидном клее. Горизонтальный пропил необходимо сделать по клеевой границе пенопласт-дерево. Очень важно проследить за соосностью корпуса модели и дейдвуда. Для этого в отверстие дейдвуда вставляют длинный (соразмерный с длиной корпуса) прямой пруток подходящего диаметра, который как бы удлиняет ось дейдвуда и делает контроль соосности легким и наглядным. Дополнительно закрепить кормовые рули на нижнем, деревянном основании корпуса можно с помощью шурупов, штифтов или винтов.

В нижнем, деревянном основании необходимо закрепить и носовой крючок резиномотора, который может быть выполнен как в традиционной форме (например, из стальной проволоки диаметром 3мм), так и в виде плоского обтекаемого стержня (рис.6).

Рис.6



Крючок можно закреплять как вертикально, так и под углом. Нужно только помнить, что, по правилам, в длину модели входят все выступающие за корпус детали (кроме съемного стопора) и не превысить 600 мм.

Для быстрого и удобного надевания резиномотора на крючок, желательно, закрепить на носовом конце резиномотора металлическое кольцо диаметром примерно 10 мм (можно сплюснутое с боков, т.е. овальной формы), толщиной 1-2 мм. Это кольцо также удобно использовать при заводке мотора для соединения с крючком, закрепленным в патроне ручной дрели,

7. Изготовление гребного винта и вала.

Хорошо показал себя и прост в изготовлении винт, описанный в [5]. Для изготовления винта вычертите на листе латуни, толщиной 1,5-2 мм, круг диаметром 35 мм и разделите его на 3 равные части. Используя шаблон лопасти (рис.7) нанесите чертилкой контуры лопастей винта. Просверлите в центре круга отверстие диаметром 3 мм и выпилите заготовку гребного винта. Зажмите ее на винте М3 с двух сторон конусными гайками и поверните лопасти плоскогубцами по часовой стрелке (так как винт левого вращения) на 45 градусов, после чего спаяйте гайки с гребным винтом. Придайте лопастям с помощью напильников профиль крыла самолёта, обработайте их мелкой наждачной бумагой («нулёвкой») и отполируйте.

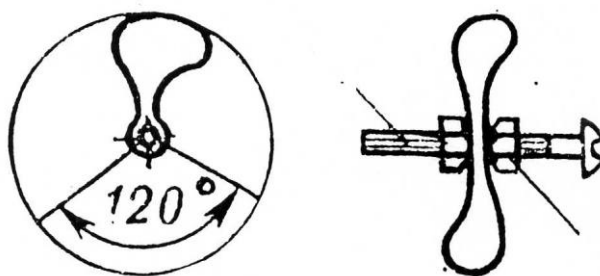


Рис.7.

Конусный обтекатель винта нужной длины (с резьбой М3) выточите на токарном станке. Обтекатель для дейдвуда можно надеть без резьбы на гребной вал с другой стороны (рис.8). **Помните - диаметр винта, по правилам, не должен превышать 35 мм!**

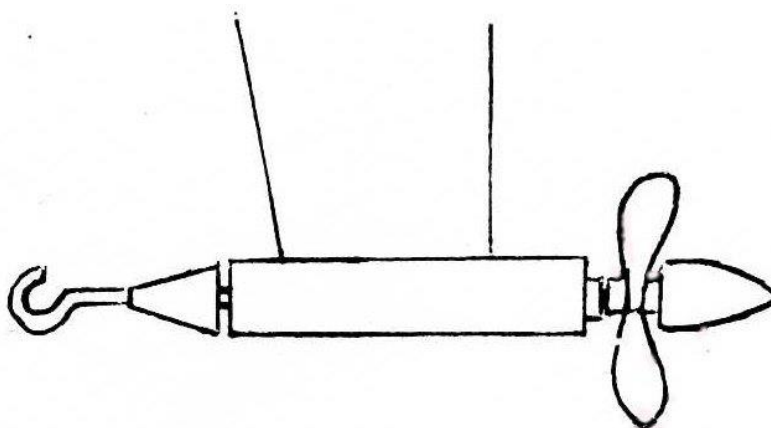


Рис.8.

8. Изготовление резиномотора.

Число нитей резиномотора определяется качеством имеющейся резины, эффективностью работы горизонтальных рулей и необходимой скоростью модели. Для обычной российской резины, 2х1 кв. мм, число нитей может быть около 20.

Для изготовления резиномотора на гладкой чистой доске вбивают два гвоздя на расстоянии в **два раза больше** длины мотора и, не натягивая, но и без провисания, наматывают число нитей в **два раза меньше** намеченного. Сняв жгут с одного из гвоздей, на него надевают металлическое кольцо диаметром 10 мм, складывают жгут пополам и получают резиномотор нужной длины с нужным числом нитей и с кольцом на одном (носовом) конце.

На обоих концах мотора места, где нужно сделать ушки, обматывают в растянутом состоянии толстой капроновой ниткой - виток к витку, на длину примерно 30 мм. Обмотанный участок мотора складывают, огибая вокруг стержня, например: гвоздя закрепленного в тиски (или участка 10 мм кольца), растягивают и обматывают также ниткой шейку ушка. Размеры ушка должны быть

такими, чтобы резиномотор надевался туго и не соскакивал с крючка гребного вала.

Перед пусками резиномотор желательно смазать касторовым маслом или кремнеорганической смазкой, чтобы уменьшить трение между резиновыми нитями.

9. Изготовление носовых горизонтальных рулей.

Носовые рули создают основную погружающую силу и от эффективности их работы и регулировки зависит успех ходовых испытаний. Площадь этих рулей обычно увеличивают до максимального размера разрешённого правилами, т.е. в 2 раза. Изготавливают рули, чаще всего, из листовой латуни, толщиной 1-2 мм и крепят к оси вращения пайкой (рис.9).

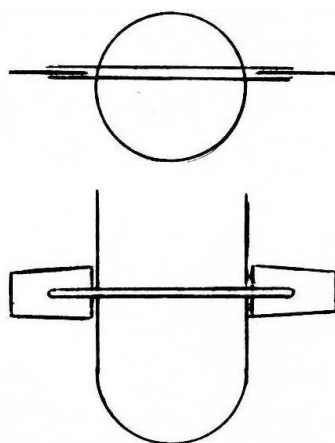


Рис.9

Профиль рулей симметричный или самолетного типа (выпуклость профиля направлена вниз). Ось рулей изготавливают из металлической трубки или прутка толщиной 4-6 мм. В оси с обоих концов делают пропилы, в которые вставляют и пропаивают рули.

Добиться нужной глубины погружения позволяет оригинальная система плавной регулировки положения рулей на модели. Она состоит из круглых и обтекаемых металлических стержней, вклеенных в корпус около задней кромки носовых рулей и ниже ее (рис. 10). В этих стержнях сделаны вертикальные резьбовые отверстия М3, так что винт вкрученный снизу упрется в плоскость руля около задней кромки и будет двигать ее вверх, а значит руль - на погружение. С другого борта, по оси резьбового отверстия стержня, в пластине руля просверлено отверстие диаметром 3,5 мм, так что при завинчивании винта, вставленного в резьбу стержня сверху, сквозь пластину руля, его шляпка своей нижней поверхностью упрется в верхнюю плоскость руля и будет двигать ее вниз, а значит руль - на всплытие.

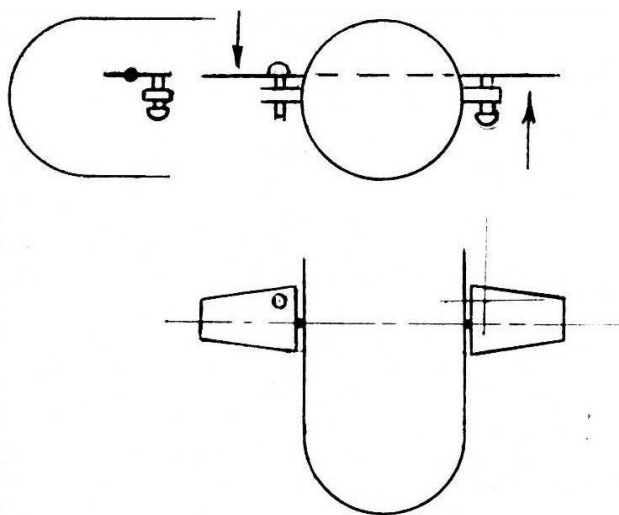


Рис.10

Таким образом, носовые рули выставляются под нужным углом и закрепляются в этом положении двумя винтами МЗ. При необходимости угол поворота рулей легко и плавно меняется.

10. Регулировка и запуск модели на воде.

Балансировка модели на воде проводится в снаряжённом виде, то есть с резиномотором, в небольшой ванночке. Располагая на модели временно закрепленные (например, с помощью медных проволочек) металлические грузики, добиваются такого запаса плавучести, чтобы модель лодки находилась в позиционном положении, т.е. имела бы осадку по основанию рубки. При этом лодка не должна иметь крена и дифферента. Затем, подобранные грузики закрепляют окончательно в нижней части корпуса (например, вклеивают эпоксидным клеем в заранее высверленные отверстия) и проводят проверку балансировки и осадки вторично.

Очень важно при этом иметь в виду, что плотность воды в открытых водоемах (где чаще всего проводят соревнования) отличается от плотности воды водопроводной. Поэтому полезно и необходимо иметь в нижней части корпуса модели некий свободный объем, (неважно какой формы) куда можно было бы вкладывать свинец или пенопласт для тонкого регулирования осадки в водоёме непосредственно перед соревнованиями. Для того чтобы запас плавучести модели сильно не изменялся при ее погружении во время хода, желательно не делать рубку или ограждение выдвижных устройств из пенопласта или дерева. Лучше всего их делать полыми из листового металла или стеклопластика.

Регулировку модели на ходу начинают с запусков на небольшие расстояния и с рулями, установленными на всплытие. Для того чтобы не потерять модель при погружениях, необходимо изготовить небольшой обтекаемый поплавок из пенопласта (примерно 30x5x5 мм³) и на нитке длиной около 2 метров привязать его, например, к кормовым рулям (можно специально просверлить отверстие в верхнем вертикальном руле). Такой поплавок может сослужить хорошую службу и предотвратить потерю модели, если она под водой наткнется

на какое-либо препятствие и застрянет в нем (водоросли, тина, коряга и т.п.). При движении модели поплавок увлекается ею и уходит под воду, а при потере модели - всплывёт на поверхность и укажет место её остановки.

При первых запусках носовые горизонтальные рули устанавливают на малые углы погружения. Постепенно увеличивая их, добиваются прохождения моделью отмеренной дистанции под водой. Затем замеряют время прохождения дистанции лодкой, определяют по таблицам масштабную скорость и скорость, которую необходимо указать в паспорте модели. Корректировку курса модели в горизонтальной плоскости проводят подгибанием вертикальных рулей руками или плоскогубцами.

При желании или необходимости можно варьировать число нитей резиномотора, число оборотов его заводки и шаг гребного винта.

Использованная и рекомендуемая литература.

1. Бабкин И. А., Лясников В. В. Организация и проведение соревнований судомоделистов. – М.: ДОСААФ, 1981. – 187 с.
2. Дрегаллин А. Азбука судомоделизма. - М-СПб.: Полигон, 2019. - 191 с.
3. Курти О. Постройка моделей судов. Книга для начинающих судомоделистов. – Спб.: Политехника, 2018 – 495 с.
4. Михайлов М. От корабля к модели. -М.: ДОСААФ, 2017.- 128 с.
5. Михайлов М., Соколов О. От дракара до крейсера. – М.: Детская литература, 2015. – 267 с.
6. Правила соревнований по судомодельному спорту. – М.: Патриот, 2013 г. – 96 с.
7. Целовальников А.С. Справочник судомоделиста. В трёх частях. – М.: ДОСААФ, 2017 – 204 с.

