

В поисках мореходности и комфорта

Сравнение двух популярных проектов яхт

Мореходные качества судна, или мореходность – это его способность безопасно выполнять свое предназначение при определенном ветроволновом состоянии акватории. Обычно в списке составляющих мореходных качеств рассматривают запас плавучести, остойчивость, непотопляемость, ходкость и управляемость. В применении к крейсерским яхтам, совершающим длительные переходы в открытом океане, в этот список нужно добавить характеристики качки, определяющие уровень комфорта для экипажа небольшого судна. С первого взгляда видно, что требования эти противоречивы. Проектирование любого корпуса – это попытка оптимального выбора водоизмещения, обводов корпуса, отношения длины корпуса к его ширине, длины свесов оконечностей, высоты надводного борта в соответствии с приоритетами, расставленными на старте. В зависимости от важности тех или иных составляющих мореходности для заказчика со стапеля сходят совсем разные яхты, которые будут вести себя по-разному в одних и тех же погодных условиях.

Строитель при выборе типового проекта для своей будущей яхты или в процессе постановки задачи на проектирование должен представлять, почему, например, одну лодку нарисовали относительно тяжелой, другую – легкой и широкой. Управляя яхтой, капитан и его экипаж должны понимать ограничения конкретной лодки, поскольку от этого зависит тактика морского перехода и особенности штормования. Безопасная и эффективная тактика, отработанная и рекомендованная для применения на судах одного типа, может обернуться

тяжелыми последствиями, если будет бездумно использована для лодки другой концепции. В качестве конкретных примеров рассмотрим два проекта очень разных концепций: «тяжелой» лодки – крейсерской яхты умеренно тяжелого водоизмещения (проект «Hout Bay 40») и «легкой» лодки – океанского гонщика (проект «Didi 38»). По этим проектам было построено достаточно много судов, чтобы считать их успешными. По ним вполне можно получить представление, как решаются поставленные при проектировании задачи.

Лодка, имеющая небольшое водоизмещение, имеет неоспоримые преимущества в скорости и динамике ее набора. Неглубоко сидящий в воде корпус дает очень небольшое волнообразование на ходу, яхта хорошо управляется. «Тяжелая» стальная яхта будет двигаться медленней, волнообразование корпуса – заметно сильнее.

Большее водоизмещение потребует дополнительной площади парусов и более мощного двигателя, так что эксплуатационные характеристики этой яхты будут хуже.

При движении на заметном волнении «легкая» лодка испытывает сильные удары. Корпус, и так имеющий небольшую осадку, на большой скорости стремится взлететь. Днище в носовой части, вплоть до фальшкиля, периодически выходит из воды и с силой шлепает по поверхности. Динамические нагрузки, возникающие при этом, довольно неприятны и для экипажа, и для лодки. Это явление называется слемингом.

Обводы носовой оконечности, имеющие форму «глубокого V», будут смягчать удары только если лодка идет без крена, как моторный катер. Однако в условиях обычного для парусного судна крена, когда скула становится

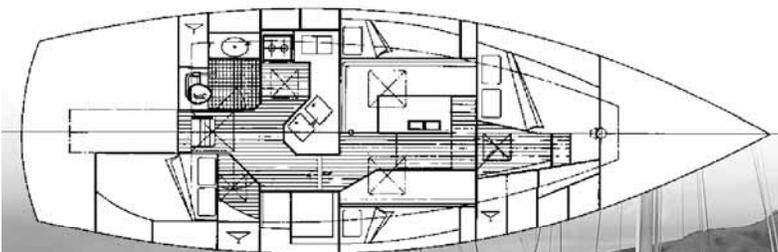
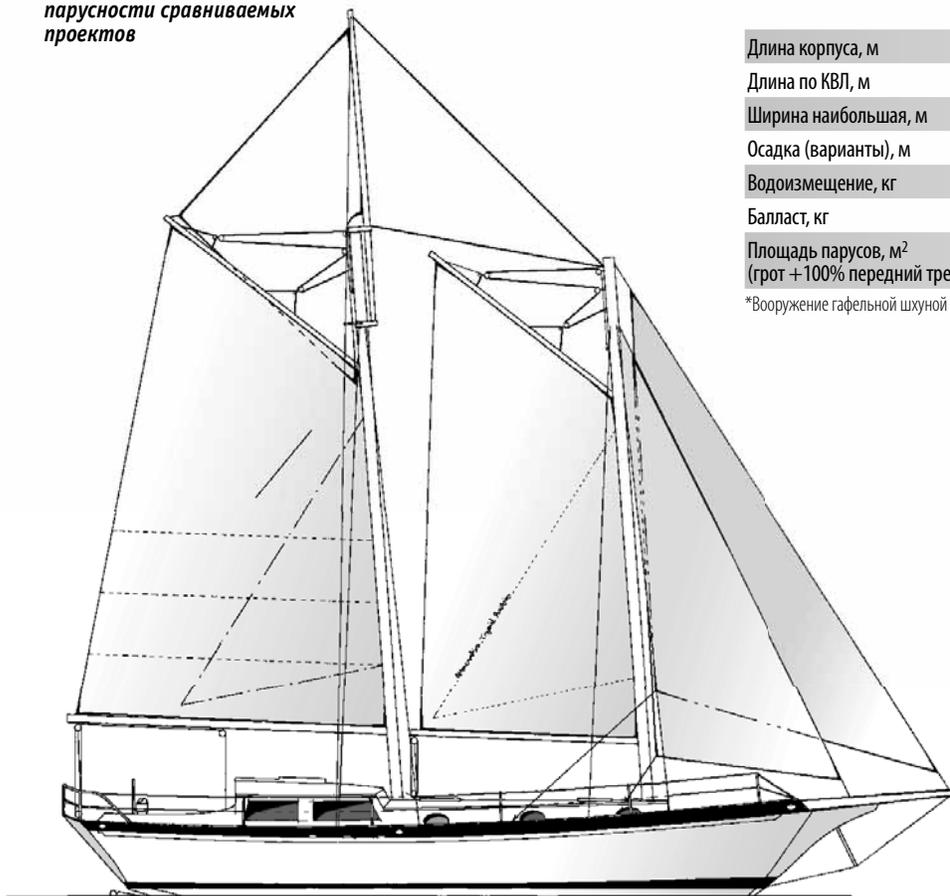


«Didi 38»

Основные данные

	«Didi 38»	«Hout Bay 40»
Длина корпуса, м	11.5	12.09
Длина по КВЛ, м	10.33	9.58
Ширина наибольшая, м	3.4	4.0
Осадка (варианты), м	от 1.6 до 2.25	1.3 или 1.7
Водоизмещение, кг	4750	11600
Балласт, кг	2000	3000
Площадь парусов, м ² (грот +100% передний треугольник)	66.6	65.8*

*Вооружение гафельной шхуной (грот, фок, передний треугольник)



почти горизонтальной, слеминг будет еще сильнее. Для «легкой» лодки килеватость приходится делать высокой, осадка корпусом становится слишком большой, нарушается призматический коэффициент, возрастают смачиваемая поверхность и проблемы управления на попутных курсах. Поэтому носовые обводы «легкой» лодки спроектированы с U-образными обводами и с добавлением небольшой килеватости днища. Такие обводы не образуют больших плоских поверхностей в подводной части, в результате снижаются ударные нагрузки, кроме того, криволинейная форма обшивки дает больше структурной прочности, чем плоский лист, и это можно использовать для экономии веса.

«Тяжелая» лодка редко испытывает слеминг. Это связано с тем, что корпус большого водоизмещения оголяется

редко. Обводы носовой оконечности, имеющие форму «глубокого V», позволяют уменьшить килевую качку при движении против волны и хорошо согласуются с обводами глубоко очерченного мидель-шпангоута. Форштевень при таких обводах имеет острый вход, а чтобы получить сбалансированный корпус, в кормовой оконечности добавлена площадь бокового сопротивления, необходимая для управления при движении полным курсом относительно ветра.

Для того чтобы парусная яхта хорошо лавировалась, ее носовая оконечность должна иметь минимальное сопротивление при прохождении через встречную волну. Это значит, что ватерлинии носовой оконечности должны быть острыми, причем по всей высоте и в подводной части, и выше, иначе лодка остановится в первой же волне, вместо того чтобы пробить ее, не теряя хода. Быстроходные яхты обычно имеют очень острые ватерлинии с практически неизменным углом вплоть до палубы. Основную задачу – минимум сопротивления на острых курсах относительно ветра – такая форма носовой оконечности решает лучше других, но палуба на этих курсах станет очень «мокрой». Вода при встрече с плоскими носовыми листами обшивки выбрасывается вверх, а ветер разносит брызги по палубе. Этому способствует и крен на курсе бейдевинд. Небольшой развал бортов в носу помогает уменьшить количество брызг, поднимающихся над палубой, и сохранить ее сухой. Развал бортов в носовой оконечности также способствует сохранению контроля над яхтой на полных курсах, создавая подъемную силу и предотвращая зарывание корпуса в попутную волну. Однако развал бортов должен быть небольшим, иначе дополнительная плавучесть, которая появилась в надводной части носовой оконечности, станет заметно увеличивать сопротивление движению на острых курсах и способствовать килевой качке. Она, в свою очередь, ухудшает работу парусов, еще больше снижая скорость.

Заметная тенденция современных быстроходных проектов – форштевни, стремящиеся стать вертикальными. Смысл ее состоит в увеличении длины ватерлинии. При этом, во-первых, увеличивается теоретическая скорость корпуса, во-вторых, и это важнее, – площадь, на которой действуют силы динамического поддержания, способствующие глиссированию. Осадка уменьшается соразмерно увеличению длины ватерлинии, профиль подводной

части становится более плоским. Корпус с меньшей осадкой имеет меньшее волнообразование и способен раньше выйти на глиссирование.

Даже «тяжелая» лодка может догнать попутную волну при подходящих условиях. Глиссируя на попутном склоне, корпус набирает большую скорость, и внизу, «в корыте» между гребнями, или позже, на заднем склоне следующей волны, носовая оконечность должна иметь достаточную плавучесть, чтобы удержать палубу над водой. В таких условиях зарывшийся глубоко в воду нос создает серьезную опасность переворота лодки через борт или, что еще страшнее, через нос, работающий как плечо рычага.

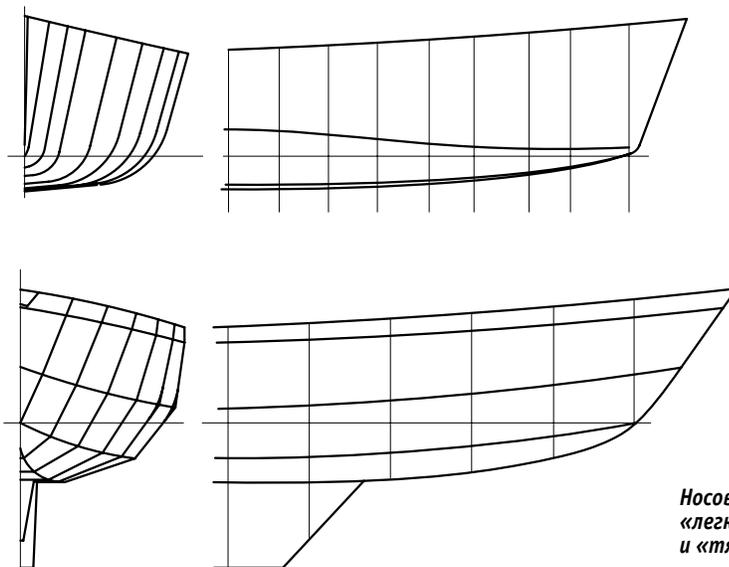
Обводы кормы так же важны, как и обводы носа, поскольку они формируют другие характеристики яхты. Наклон батоксов в корме играет основную роль в создании корпусом кормовой волны, определяя угол, под которым вода сходит с днища. На скорости при плоском выходе батоксов образуется небольшая волна, а при крутом подъеме батоксов в корме – большая и крутая волна, которая будет рано обрушиваться. Закругленная форма батоксов в корме на ходу формирует разрежение под кормой, которая просядет в воду, а корпус в результате получит дифферент на корму. Прямые батоксы в корме противодействуют этой тенденции. Чем быстрее движется лодка, тем заметнее проявляются эти эффекты и тем больше вовлеченные в процесс силы.

Яхты с вельботной и зауженной транцевой кормой проявляют свои лучшие стороны на острых курсах – в лавировку и полный бейдевинд. Здесь в полной мере ощущается их хорошо сбалансированная форма корпуса. В тяжелых погодных условиях они почти не

меняют центровки и не склонны к приведению – не «ложатся на руль», когда крен увеличивается. Это связано с тем, что распределение водоизмещения в носу и в корме очень близкое и почти не меняется при изменении крена. В результате они очень хороши в бейдевинд. При легких ветрах яхты с такой формой корпуса показывают высокую скорость на любых курсах относительно ветра из-за небольшой смоченной поверхности и малого призматического коэффициента, которые характерны для таких обводов. Корпуса с подобными обводами склонны к килевой качке больше, чем лодки с широкой кормой из-за относительного сходства формы носа и кормы. Такая яхта после пересечения чужой кильватерной волны на гладкой воде будет долго раскачиваться с постепенно уменьшающейся амплитудой. В тех же условиях корпус с широкой транцевой кормой получит меньшую амплитуду качки в момент прохождения через волну и быстро прекратит раскачиваться благодаря демпфированию плоскими поверхностями кормовой оконечности.

В целом сильная килевая качка яхты делает оконечности корпуса некомфортными для работы и отдыха и снижает скорость на волнении. Во-первых, скорость падает из-за роста сопротивления корпуса при раскачивании. Во-вторых, и паруса, и фальшкиль, настроенные для максимальной тяги, требуют стабильных условий обтекания потоком с оптимальным углом атаки. На сильной качке эти условия не соблюдаются, и эффективность работы движительного комплекса ухудшается.

В условиях стоянки у причала яхта с вельботной кормой будет вести себя тихо, волны от проходящих судов не будут шлепать в плоские и почти го-



Носовые обводы «легкой» (вверху) и «тяжелой» лодок

ризональные поверхности кормы, потому что их нет. Корпус с широкой транцевой кормой получает заметные удары в такой ситуации, создавая дискомфорт в кормовых каютах. Чтобы смягчить шлепки, плоским участком кормы придают небольшую килеватость, не больше нескольких градусов, иначе пострадают характеристики движения полными курсами.

Обводы поперечных сечений корпуса влияют на поперечную остойчивость и характер поведения подобно тому, как обводы носа и кормы влияют на аналогичные продольные характеристики. Корпус с небольшой осадкой и U-образной формой шпангоутов имеет высокую остойчивость формы, он стремится сохранить положение статической ватерлинии параллельно водной поверхности. Боковое волнение будет резко и интенсивно раскачивать такой корпус с частотой, равной частоте проходящих волн. Поведение корпуса тяжелой яхты, глубоко погруженного в воду, отличается меньшим влиянием остойчивости формы, здесь на первый план выступает составляющая остойчивости, создаваемая балластом. Корпус стремится сохранить свое положение относительно горизонта, поднимаясь и опускаясь вместе с волнами и испытывая плавную качку с длинным периодом. Иногда могут возникнуть условия, когда собственный период раскачивания такого корпуса совпадает с периодом проходящих волн, и амплитуда качки сильно возрастает.

В результате «легкая» лодка с высокой остойчивостью формы корпуса будет стремиться «вытряхнуть» ветер из своих парусов в условиях слабого ветра на зыби. Она потребует также очень внимательного управления на острых курсах при умеренном ветре

и на большой волне, потому что выплывший ветер будет интенсивно менять свое направление при переходе с переднего склона волны на задний, и обратно. «Тяжелая» же лодка сможет более эффективно нести свои паруса, пока дует ветер, но будет тяжело раскачиваться на зыби, когда ветра недостаточно, чтобы создать упор.

Интересно рассмотреть поведение разных типов обводов шпангоутов в различных условиях перехода с попутным пассатом. «Легкая» лодка будет идти, лучше сохраняя нормальное положение, испытывая, тем не менее, резкие рывки и удары. «Тяжелая» лодка будет идти, медленно раскачиваясь, скорей всего с большей амплитудой. Возможно, придется подобрать подходящий курс относительно волны, чтобы изменить характер качки и предотвратить перебрасывание на другой борт гика и спинакер-гика или удары попутной волны в парные пассатные стакселя. Обычно двойные стакселя для попутных курсов выкраиваются с высоким шкотовым углом, но медленная и плавная качка с большой амплитудой может быть почти столь же неприятной, как и резкая и быстрая. Рулевой или автопилот на таком курсе постоянно загружены работой.

Корпус проекта «Hout Bay 40» – граненый. Большинство яхтсменов избегают подобных корпусов, потому что считают грани признаком любительской самоделки. На вторичном рынке такие лодки стоят дешевле, чем подобные с круглой скулой, но строительство граненого корпуса также обходится дешевле, так что вряд ли здесь можно что-то потерять или выгадать. С точки зрения эстетики круглоскулый корпус лучше, но удачно расположенные скулы граненого корпуса могут сде-

лать его очень привлекательным. При бортовой качке скулы этого корпуса в некоторой степени играют роль успокоителей качки, а диаграмма статической остойчивости приобретет «граненость», увеличиваясь на некоторых определенных углах крена. Большее число граней будет приближать характеристики корпуса к характеристикам круглоскулого оригинала.

Корпус с радиусной скулой ведет себя подобно круглоскулому, если радиус имеет большую величину – не меньше 25% ширины корпуса. Чем меньше радиус скругления скулы, тем ближе характеристики корпуса к шарпи.

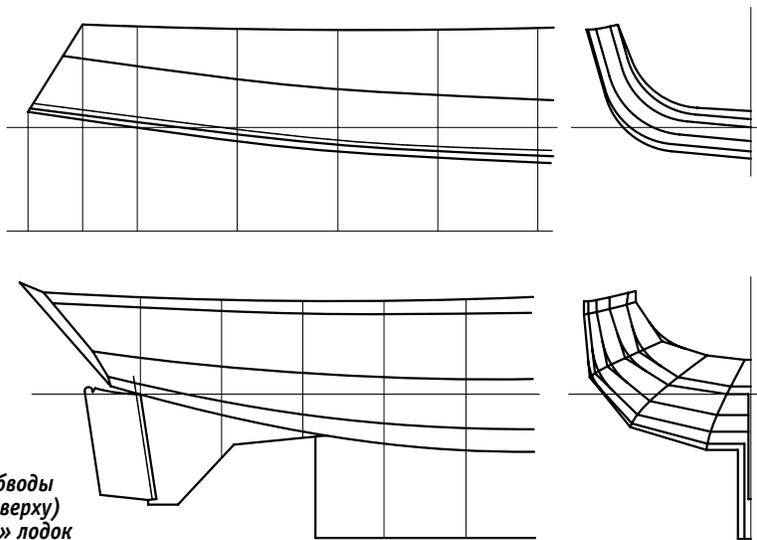
Комфорт для экипажа в море зависит от взаимодействия многих факторов, в первую очередь от водоизмещения яхты. «Тяжелая» лодка движется в бурном море с меньшими перегрузками, такая качка переносится легче. За вес приходится платить снижением скорости либо повышенными расходами на парусное вооружение и более мощный двигатель.

Второй путь улучшения комфорта состоит в ограничении ширины, особенно по ватерлинии. Это касается в большей степени «легких» яхт. Широкая яхта небольшого водоизмещения обладает большой остойчивостью формы, поэтому бортовая качка будет резкой и неприятной. Уменьшение ширины смягчит качку, но снизит скорость на острых курсах из-за некоторой потери остойчивости.

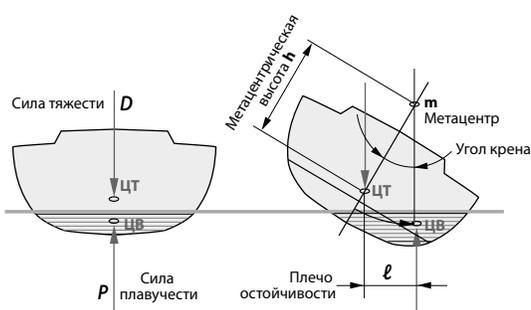
В заключение этого сравнительного анализа оценим форму транца. Она не имеет большого значения, когда яхта идет в бейдевинд, но при движении полным курсом все меняется. Лодка небольшого водоизмещения уходит от волн с обрушивающимися гребнями, однако такие волны догоняют относительно «тяжелую» яхту, часто ударяя в корму. Классический транец, как на «Hout Bay 40», отклоняет воду вниз, уменьшая шансы заливания кормы. Обратный «современный» наклон транца в данных условиях будет способствовать захлестыванию кормы попутной волной. Многие современные яхты, в том числе и «Didi 40», оборудованы кормовой платформой для купания. Такая форма не должна использоваться на медленных лодках, потому что является прекрасной ловушкой для догоняющей попутной волны.

Остойчивость

Остойчивость – это способность корпуса яхты противостоять силам, стремящимся его наклонить. Обычно эти силы постоянные, как, например, нагрузка на

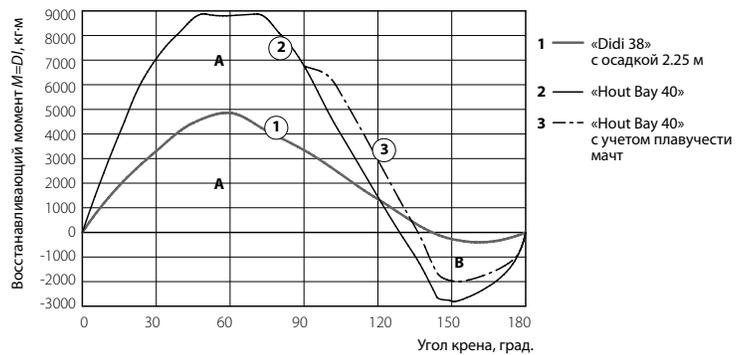


Кормовые обводы «легкой» (вверху) и «тяжелой» лодок



Проект	Угол заката	A	B	A/B
«Didi 38»	142°	100	2.59	38.6
«Hout Bay 40»	129°	189	23.8	8
«Hout Bay40» + рангоут	136°	204	16	12.8

Диаграмма статической остойчивости



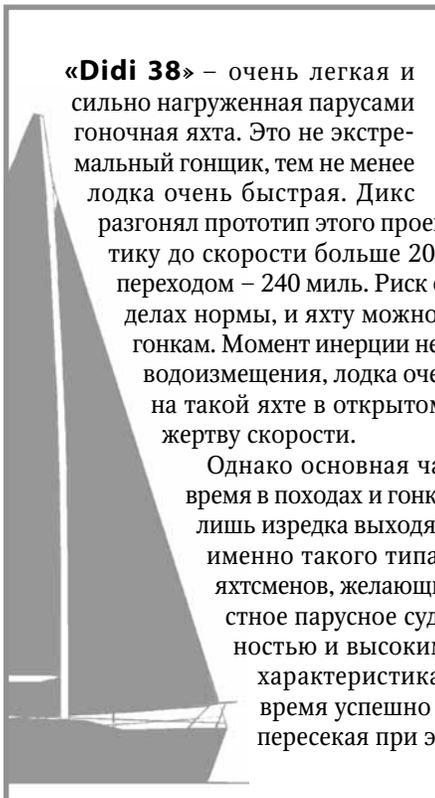
паруса, создаваемая ветром, но штормовые условия с порывами ветра и разбивающимися гребнями волн могут добавить в процесс динамики. Оценка общей остойчивости океанских крейсеров требует учета факторов как статической, так и динамической остойчивости. Статическая остойчивость формируется остойчивостью веса и остойчивостью формы, которые имеют разные свойства. У «тяжелых» лодок с низким расположением центра тяжести обычно высокая остойчивость веса. Остойчивость формы больше у широких корпусов, кроме того, на их размеры и характер изменения по мере увеличения угла крена влияют высота надводного борта, а на больших углах крена – погиб палубы и размеры и форма рубки.

Диаграмма статической остойчивости показывает, как меняется восстанавливающий момент в зависимости от угла крена. Чем круче наклонена кривая диаграммы, тем труднее накренить, а также восстановить судно в случае переворота. Площадь A под кривой (положительная ветвь) характеризует работу, которую необходимо совершить, чтобы опрокинуть судно. Чем площадь A больше, тем труднее его опрокинуть. Площадь B (отрицательная ветвь) соответствует работе по спрямлению судна. Чем она меньше, тем легче судно восстанавливается.

Как видно из сравнения двух диаграмм статической остойчивости, оба проекта отличаются довольно высокой начальной остойчивостью, что говорит о заметной доле остойчивости

формы. Отношение площадей A/B у «Didi 38» заметно выше, чем у «Hout Bay 40». Это вызвано необходимостью компенсировать высокую нагруженность парусами. В то же время работа, которую необходимо совершить стихии, чтобы перевернуть «Hout Bay 40», почти в два раза больше, чем для «Didi 38».

Отрицательная часть диаграммы статической остойчивости у «Didi 38» очень невелика, сказывается солидная остойчивость веса – двухтонный балласт в бульбе фальшкиля. В случае переворота гафельной яхты «Hout Bay 40» у мачт есть довольно много шансов остаться на своих местах, тогда их плавучесть существенно уменьшит площадь отрицательной ветви диаграммы остойчивости.



Сравнительный анализ двух проектов позволяет сделать следующие обоснованные выводы:



«Didi 38» – очень легкая и сильно нагруженная парусами гоночная яхта. Это не экстремальный гонщик, тем не менее лодка очень быстрая. Диск разогнал прототип этого проекта в гонке через Атлантику до скорости больше 20 уз с лучшим суточным переходом – 240 миль. Риск опрокидывания – в пределах нормы, и яхту можно допускать к океанским гонкам. Момент инерции невелик из-за небольшого водоизмещения, лодка очень остойчива. Комфорт на такой яхте в открытом море явно принесен в жертву скорости.

Однако основная часть яхт проводит свое время в походах и гонках в защищенных водах, лишь изредка выходя в открытое море. Лодка именно такого типа – выбор большинства яхтсменов, желающих иметь легкое и скоростное парусное судно с хорошей мореходностью и высокими эксплуатационными характеристиками, способное в то же время успешно гоняться, в том числе и пересекая при этом океаны.

на «Чаве» лучший суточный переход – 150 миль, а лучший переход за 4-часовую вахту – 32 мили, при том что шли отнюдь не в пассате. Относительно большая ширина позволяет улучшить обитаемость. Яхта характеризуется значительным моментом инерции, она будет медленно реагировать на динамические кренящие усилия. Секунды в такой ситуации могут сыграть большую роль в возникновении или неприятного крена, или катастрофического оверкиля. Судно подобной концепции не предназначено для участия в гонках, оно спроектировано для безопасной и удобной жизни в открытом море.