



## «СТЕКЛОПЛАСТИК»: АНАТОМИЯ, БОЛЕЗНИ, ЛЕЧЕНИЕ



Андрей КОСЕНКОВ  
(mastercomposit.ucoz.ua)

От редакции: автор — профи, «собаку съевший» на восстановлении и ремонте небольших (5-9 м) пластиковых лодок. Его советы и сведения, полагаем, пойдут на пользу многим судовладельцам.

Однако автор не мореман — терминология его не всегда совпадает с нам привычной. Так что согласуем понятия:

**АРМАТУРА** — нам привычнее собирательное название **ДЕЛЬНЫЕ ВЕЩИ**;

**ВОДОРЕЗ** — автор называет так часть форштевня от ватерлинии кверху;

**ГАФЕЛЬ** — у яхтсменов это **ГИК**;

**РЫБИНА** — термин, привычный «шлюпочникам», на яхте это **СЛАНИ** или **ПАЙОЛ**;

**СФЕРА** — самостоятельно приготавливаемая шпаклёвка из порошка стеклянной омегасферы, полиэфирной смолы и отвердителя;

**ФЛОРТИМБЕРС** и **ТОПТИМБЕРС** — в тексте это соответственно нижние и верхние части шпангоута. Что правильно лишь в случае остроскулого корпуса — когда шпангоут наборной.

### Немного истории

Первые плавсредства из армированной стеклотканью эпоксидной смолы изготовлены Гар Вудом ещё в 30-е годы прошлого столетия. Однако Великая Депрессия, а затем и Вторая Мировая отодвинули развитие новой отрасли до лучших времён. Лишь с 1960-го стали

появляться верфи, делавшие подобные суда не только массово, но и качественно. Bertram, Hatteras, Hinkley — вот пионеры, совершившие «пластиковую» революцию в кораблестроении.

Смола, стеклоткань, отвердитель всегда стоили дорого. Зато простая технология формовки позволяла ис-

пользовать дешёвые рабочие руки. Правда, конструкторы тех времён поначалу перестраховывались — первые модели имели днище толщиной до 3 см! Однако со временем пластиковые стенки начали быстро «худеть», а вскорости и вовсе превратились в «сэндвич»: производители, наперегонки облекая свои





Посмотрите, во что превратилась трехслойная конструкция яхты Польского изготовления через 12 лет службы

лодки, между наружным и внутренним слоями пластика стали вклеивать пеновую поперек бальсу. Плавсредства получались лёгкими, прочными, недорогими — бальса казалась идеальным выбором.

Успешно облегчив таким образом палубу и надстройки, изготовители пластиковых лодок дружно взялись за борты, а некоторые настолько осмелели, что «запахнули» бальсу и под ватерлинию. Но... Дерево есть дерево — оно гниёт. Со временем открылось: даже усиленный рёбрами жёсткости и монолитными вставками в местах сквозных сверлений бальсовый корпус через 10-15 сезонов превращается во что-то шаткое и трухлявое. И, после череды катастроф и серии крупных исков к компаниям-производителям, последние пришли к выводу: «сэндвич» — только выше ватерлинии! (В нашей статье слово «сэндвич» употребляется однозначно, так что далее — без кавычек).

Многие, «обжёгшись» бальсой, пробовали пенные и сотовые наполнители. Синтетика не гниёт, к тому же дешевле дерева — казалось бы, чего ещё надо? Но и тут выявились свои тонкости: в отличие от прекрасно впитывающей смолу бальсы крупнозернистый пенопласт приходилось обрабатывать «капризным» спецклеем. А это лишние материало-, время- и трудозатраты. К тому же пенопласт горюч, да и растворителей, солнца боится. К примеру, знаете ли вы, что обычный ПВХ-пенопласт «течёт» уже при 65°C? А ведь летом в средних широтах даже белая палуба нагревается до такой (и большей!) температуры, цветные участки ещё сильнее. В жару такое судно теряет прочность, тепловые деформации уродуют его корпус. Бальса же «терпит» до 180°C и загнивает, как выяснилось, лишь когда вымоется накопленный деревом угнетающий грибки

токсин. Да и прочность на сдвиг у бальсы 400 пси, тогда как у большинства пенопластов — 40-60.

Обострившаяся в секторе «бюджетных» лодок конкуренция вскорости привела к тому, что если раньше владелец лодки знать не знал, что такое пузырчатый гелькоут, то теперь её «вдувало» почти как судно из рубленого волокна. А всё потому, что в погоне за массовым покупателем небольшие лодки стали делать без пенного наполнителя, применяя вместо него *коремат* (Core Mat, синионим — *метлайн*). Этот пористо-волокнистый материал (в сухом состоянии напоминает прессованную стекловату), будучи пропитанным смолой, весьма непрочен — легко крошится руками. Он не гниёт, термостоек, однако воду впитывает как губка. При толщине коремата 3-4 мм его только и хватает, чтобы корпус на волнах не развалился. «Бюджетная» лодка хороша лишь ценой, что и не скрывалось производителем.

С той же целью — сделать дешевле — отказались и от шпангоутов, заменив их фермовыми конструкциями. В результате корпус пластикового судна ослабился ещё более. Попрыгайте на палубе подобной яхты — она пружинит как батут! Понятно, такой сэндвич не рассчитан на долгую службу.

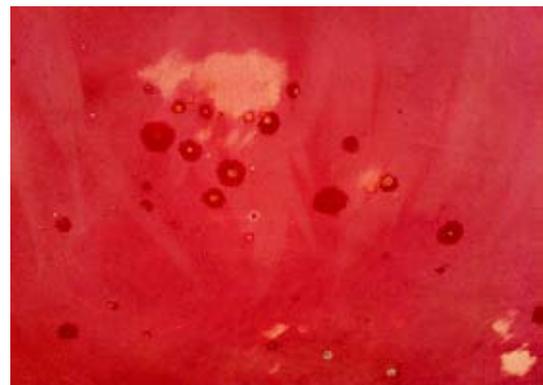
Получается, со времён первых стеклопластиков массовые лодки не стали лучше, скорее наоборот. Скажем, владелец недорогого современной яхты отлично понимает: отходил 10 лет — покупай новую лодку! А желаешь иметь более долговечное плавсредство — ищи «цельнопластик»; предлагают сэндвич — тогда лучше бальсовый...

Понятно, сказанное относится в основном к небольшим и притом наиболее дешёвым пластиковым моделям, метко прозванным в народе «мыльницами».

### Вечная болезнь стеклопластиков

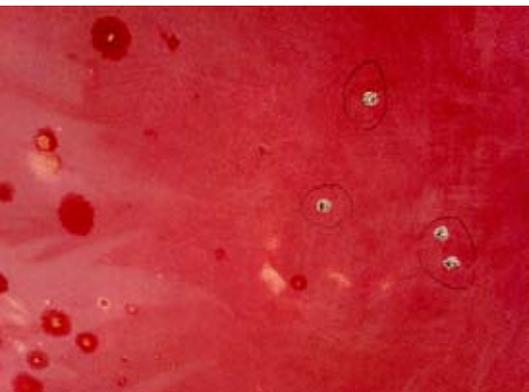
Это, конечно же, осмос. Хотя, казалось бы, какое отношение к армированной стекловолокном «полиэфирке» имеет диффузия через полупроницаемую мембрану? А всё начинается с малого.

Молекула  $H_2O$  сильнополярна, потому вода обладает высоким поверхностным натяжением и, следовательно, прекрасным капиллярным эффектом. Сие означает, что все микропоры и трещинки, имеющиеся даже на идеально блестящей поверхности стеклопластика, всегда содержат энное количество  $H_2O$ . Деструктивное влияние солнечного ультрафиолета, «морозно-оттепельные» термоциклы (помните школьное: «превращаясь в лёд, вода увеличивается в объёме на 9%»), случайные царапины и сколы расширяют и углубляют сеть микротрещин — оттого со временем поверхностная влажность гелькоута только растёт. И, начавшись однажды, проникновение  $H_2O$  в толщу стеклопластика уже не прекращается. А всё потому, что поступившая внутрь вода химически взаимодействует с ламинатом: стекловолокно, остатки непрореагировавших полиэфирной смолы и отвердителя медленно гидролизуются, образуя  $NaOH$ ,  $SiO_2 \cdot aq$ , органические спирты, фенолы, кислоты... Они-то и «запускают» осмос — процесс проникновения молекул растворителя (тут —  $H_2O$ ) через полупроницаемую мембрану (в нашем случае ею служит наружный слой пластика) в направлении большей концентрации раствора, то есть внутрь гелькоута. Ведь именно там образуются вещества, вызывающие осмотическое давление.



На зашкуренной поверхности дна отчетливо видны пузыри осмоса

Вышеописанное относится скорее к идеальному стеклопластику, поскольку в реальности любая отверждённая смола всегда имеет некоторую примесь фталевых кислот, гликолей, стирола, соединений кобальта и пр. (норма — не более 5%). Нарушение же технологии формовки (переизбыток отвердителя, неверный тер-



Через микротрещинки из пузырей вытекает гидролизная жидкость

морем, чрезмерные перерывы между укладками слоёв и т.п.), применение некачественных материалов часто приводят к тому, что содержание осмопровоцирующих примесей намного превышает норму. Но ведь с ростом концентрации солей (**выделено, так как здесь это химический термин — Ред.**) растёт и осмотическое давление — в итоге время жизни гелкоута сокращается геометрически...

Образующийся в процессе осмоса/гидролиза раствор разрушает «здоровый» пластик — пока поступает вода, процесс будет длиться. Со временем гидролиз всё глубже и глубже проникает в толщу ламината, неумолимо вымывая из него смолу. Процесс медленный, длится годами, но... итог предскажем заранее. Визуальные признаки осмоса: снижение поверхностной твёрдости, ухудшение прозрачности смолы и стекловолокна, истечение гидролизной жидкости из корпуса (видимые следы), наконец пресловутые пузыри — это уже осмос «во всей красе».

Скорость гидролиза ламината/гелкоута в огромной мере зависит от их качества и технологии постройки судна. Скажем, лодка из рубленого стекловолокна «заболевает» наиболее быстро: тонкие нити стекловолокна отлично «проводят» влагу, транспортируя её вглубь пластика. На 2-м месте по «заболеваемости» — корпус из одного стекломата. А самые стойкие — комбинации стеклоткань/стекломат и, тем более, из одной стеклоткани.

Несколько слов о пузырях. В основном они характерны для достаточно плотных смол: из-за относительно большого размера молекулы продуктов гидролиза не могут выйти наружу («полупроницаемая мембрана» в действии!), — то есть, осмотическое давление не снижается, вода по-прежнему стремится внутрь. Если же гелкоут пористого типа, пузырения может и не быть, хотя его размягчение и разрушение происходит ещё быстрее: молекулы воды свободно проникают в толщу такого корпуса. Иногда на пластиковой лодке можно заметить крохотные точечные

отложения — это остатки полиэфирной смолы сигналият о гидролизном разрушении ламината.

Некоторые смолы более подвержены размыванию, что ещё хуже пузырями. Ведь современная стеклопластиковая лодка имеет всего 2-4-кратный запас прочности, гоночная яхта — и того меньше. Размытие смолы приводит к снижению прочности корпуса на изгиб, отчего возрастают устойчивые деформации в районе переборки и других элементов жёсткости судна. К примеру, в одной из исследуемых лодок размывание/гидролиз вызвали 50% потерю жёсткости — корпус вгнулся от элементарного давления воды!

Помните: далеко не всякий корпус, поражённый гидролизом, имеет пузыри, но всякий пузырящийся корпус несомненно поражён гидролизом. Любая стеклопластиковая яхта после 10 лет эксплуатации в той или иной мере подвержена осмосу. Так что держите «руку на пульсе» — не ленитесь контролировать влажностное содержание своего ламината!

Многие яхтсмены, обнаружив осмос, интересуются: корпус пострадал весь или же только в местах пузыряния? Известно: процесс гидролиза протекает по всему корпусу весьма однородно. То есть, единственное обнаруженное вздутие уже означает, что осмос давно начался — процесс идёт вовсю.

Можно ли «вылечить» поражённую осмосом лодку? Конечно! Но об этом чуть ниже, а пока скажу лишь одно: если цельнопластиковые суда ещё как-то ремонтнопригодны, то сэндвичевые корпуса без помощи профессионалов не восстановить никак. Жалкое зрелище представляет собой такая яхта через 10-15 лет эксплуатации: балласт/пенистый наполнитель практически разрушены (это в палубе, рубке и выше ватерлинии), подводную часть «додает» осмос...

## Внутренний ремонт

Всё на свете ломается, однако многое можно починить. Скажем, после восстановительного ремонта прочность цельнопластикового корпуса повышается в 2-3 раза и есть гарантия, что осмос не проявится в нём ещё лет 10, бывает и больше.

Ремонт любой яхты лучше начинать изнутри — чтобы преждевременно не пачкать палубу. Восстанавливать стеклопластиковое судно рекомендую с инспекции силового набора: многие его элементы приклеены недостаточно прочно. Особенно «грешат» этим суда из эпоксидной смолы (**надо понимать, «непрофессионально построенные или отремонтированные» — Ред.**): дело в том, что при отверждении эпоксидки на её поверхности образуется разделительный слой, к которому новая смола «лепится» кое-как. В ре-

зультате выдержавшие энное число навигаций силовые элементы можно отбить ударом молотка...

При перестройке или перепланировке яхты обязательно что-то убирается, что-то добавляется (рундуки, отсеки, переборки, полупереборки...); на гоночной яхте, скорее всего, придётся устанавливать дополнительные элементы набора. Само собой, **доращивание пластика** должно производиться по правилам:

- прежде всего, перед приформовкой пластиковых или деревянных деталей места их стыковки и установки тщательно обрабатывают наждачкой;
- если полиэфирный ламинат наформовывают на ещё свежий ламинат, поверхность последнего слегка зашкуривается — чтобы «сбить иголки». Свежие покрытия из полиэфирных смол сополимеризуются надёжно.
- если ламинат накладывают на старую полиэфирку (на эпоксидку — тем более), её поверхность зашкуривается *грубой* наждачкой. Тогда надёжность соединения обеспечена в большой степени за счёт механического сцепления;
- в случае, когда надо приформоваться



Установка дополнительных усилений швертового колодца. Впоследствии колодец со швертом внутри будет продолжен до потолка рубки и будет выполнять функцию и пиллерса. Шверт будет подниматься на тросе по специальному металлическим направляющим

к покрытой гелкоутом декоративной поверхности, весь слой гелкоута под приформовываемой деталью удаляется болгаркой с лепестковым кругом или наждачкой Р40;

- ежели предстоит наложить ламинат на сильно загрязнённую, промасленную поверхность, последнюю тщательно обезжиривают ацетоном (но не более 15 минут). В сырую погоду, когда имеется угроза образования конденсата (сами понимаете, заформовывая воду в ламинат, мы гарантируем себе осмос! да и вообще полиэфирка может не застыть), применение перед ламинированием ацетона обязатель-





Если усиливающие переборки заформовать крышкой, то они будут нести еще и функцию рундуков

но — кроме удаления жиров и грязи он ещё и активно сушит поверхность. Но будьте осторожны: ацетон очень летуч и легко воспламенит!

**Основное правило формовки:** чтобы избежать дополнительных напряжений, ни одна деталь не должна быть установлена на своё место с усилием. Посему заготовки опиливаются с зазором по месту установки; при установке расклиниваются кусочками пробки или бальсы (можно пластилином) и прихватываются несколькими мазками автошпаклёвки или сферы; после отверждения прихваток в стыковочный угол между корпусом и деталью (или на стыке двух деталей) накладывают полосы ламината. Ламинат схватился — деталь надёжно и без лишних напряжений стоит на своём месте. Этот способ соединения называется МЕТОД МОКРОГО УГОЛЬНИКА.

Помните: невозможно без пузыря наложить стекломат, а тем более стеклоткань, на острый угол. Потому все острые углы приформовываемых деталей должны быть скруглены.

Конструкционно все стеклопластики — структуры слоистые. То есть, состоят из высокопрочного волокна и менее крепкой смолы — заполнителя-связующего. Так что, отлично работая на разрыв и излом, расслаивающие нагрузки ламинат выдерживает гораздо хуже. Потому очень важно соединительные детали и арматуру крепить таким образом, чтобы избежать «растаскивания» материала.

Все детали, испытывающие растяжение или знакопеременные нагрузки, кроме адгезионной связи должны иметь ещё и сквозное болтовое крепление, причём

с обратной стороны устанавливается металлическая или деревянная накладка достаточной площади (и прочности) — для распределения усилий. Края наклейки обязательно скругляют, не допуская концентрации напряжений на острых углах.

Случается, чтобы превратить накладку в часть корпуса, заформовывают её ламинатом. Но если герметичности заведомо не достичь, лучше и не начинать — дабы не было мест для скопления влаги. В таком случае вместо наклейки корпус можно утолщить, наформовав в нужном месте дополнительные слои ламината: так крепятся, к примеру, вантпутенсы. В менее нагруженных местах можно обойтись и без утолщений: используем большие нержавеющие шайбы с нейлоновыми прокладками. (Разумеется, все сквозные отверстия при креплении уплотняются герметиком.)

**Один из «минусов» стеклопластика — боязнь вибрации.** И чем выше частота знакопеременных нагрузок, тем хуже для ламината. Поэтому лебёдки, блоки кулачковых стопоров, двигатель и даже степс мачты изолируем от поверхности корпуса тонкой прокладкой из нейлона, неопрена, резины. Кстати: гаечный ключ в бестолковых руках — хуже осмоса. Гайки затягиваются с усилием, но в меру — никак не до треска корпуса!

**При изготовлении элементов набора** мокрую (в смысле, формируемую по месту, из стекломатериала на смоле — Ред.) деталь лучше сразу приформовать на отверстие жёсткую деталь или к корпусу. Это очень удобно при «местном» изготовлении стрингеров, шпангоутов, бимсов и флор. Картонные заготовки в виде угольника, повернутого открытой стороной к корпусу, с помощью бумажного скотча закрепляем в месте установки (более изысканные обводы получаются, если элементы набора выпилить из пенопласта или ПВХ, не забудьте завернуть их в полиэтилен — эти материалы растворяются полиэфиркой). Затем картонные или пенопластовые элементы покрываются внахлест ламинатом (для прочности соединения ламинат должен выходить за границы прикрепляемого элемента на 5-8 см).

На пол и стеновые поверхности накладывают полосы стекломата, затем пропитывают смолой при помощи кисти. После размокания стекломатериала (2-4 мин.) кистью выбиваются пузыри.

Потолок лучше клеить хорошо размокшим стекломатом. Его прилепляют на место и быстро прибивают кистью — чтоб не отвалился.

**Для штатных элементов набора** на 5-7-метровой яхте (катере) достаточно двух слоёв стекломата плотностью 450 г/кв.м (получим ламинат толщиной 2 мм). При изготовлении мидель-шпангоутов (на малых яхтах один из них за-

частую используют для крепления мачты) его толщина должна быть не менее 4-5 мм, что соответствует 5 слоям стекломата плотностью 450 г/кв.м или 3 слоям плотностью 600 г/кв.м. Ответственные элементы, да и вообще весь набор судна, можно усиливать, заменяя второй слой стекломата стеклотканью плотностью 500 г/кв.м (толщина ламината — 1,27 мм). При толщине ламината более трёх слоёв можно класть два слоя стеклоткани — она хорошо укладывается на предварительно уложенный мат, придавая конструкции огромную прочность на разрыв.

Если для скрепления палубы с днищем/переборкой требуется приформовать подпорку, та набирается из необходимой толщины ламината (4-6 мм) на ДСП, МДФ или стекле. Предварительно изготовленный картонный шаблон подгоняют по месту установки, затем набранный и затвердевший ламинат снимается с формирующей поверхности и опиливается по контуру шаблона. На готовой детали можно сразу же набрать и усиливающие элементы — таким же образом, как мы делаем шпангоуты. Это придаст ей необходимую жёсткость на изгиб.

Лучше применять **стеклопластиковые усилители**, хотя дешевле и проще изготовить эти элементы из дерева.



Усиление кокпита с помощью установки дополнительных опор

Опыт показывает, что такие конструкции тоже вполне надёжны. Идеальный материал для склеивания с полиэфирными смолами — многослойная влагостойкая судостроительная фанера; худшее дерево для приформовки стеклопластиком — плотный дуб и маслянистый тик.

Для консервации и качественной адгезии к приформовываемой фанере



её предварительно покрывают полиэфирной смолой. При этом в смолу можно добавлять до 5% ацетона или до 10% стирола — для лучшей пропитки.

**При стыковке двух деталей** между ними и ламинатом часто присутствуют неудаляемые пузыри, образующиеся во внутренних острых углах при плохом прилегании. Это ослабляет соединение, такие полости — отличные места для скопления влаги. Во избежание сего существует полиэфирная склеивающая паста Гравикол. Именно ею заделывают углы и неровности пристыковки, а уже затем, не дожидаясь застывания, накладывают ламинат.

Клея мощное усиление на тонкую основу, рискуете разрушить последнюю. Поэтому, если невозможно усилить весь проблемный участок (допустим, борт), сделайте хотя бы плавный переход из ламината большей толщины к меньшей.

**Стык палубы с днищем** — наиболее проблемное соединение. Я видел очень мало лодок, владельцы которых хотя бы раз не ремонтировали этот стык на протяжении эксплуатации судна. И тут нам снова поможет Гравикол: затвердевшая паста не крошится, надёжно соединяет стыкуемые части, она — именно для таких случаев. Стык палубы с днищем зачищается изнутри болгаркой с лепестковым кругом Р40 на всём протяжении — где только можно достать. Ширина зачистки — 10-12 см на каждую сторону от линии стыка. С помощью резинового шпателя заполняем Гравиколом (уже с отвердителем, конечно) стыковочный угол (полоса пасты шириной 4-5 см), что лучше делать участками по 1-2 м. Поверх Гравикола тут же накладываем ламинат слоем 2-3 мм (ширина ленты ламината 15-18 см).

Теперь подготовим внешнюю часть периметра стыка. Для этого болгаркой с лепестковым кругом (всё тот же Р40) скругляем угол соединения палубы с бортами. Наждачкой Р100-Р180 зашкуриваем полосу гелькоута вдоль линии изгиба — ширина 6-7 см в каждую сторону от стыка. Не обязательно счищать весь гелькоут — достаточно получить равномерно матовую поверхность. При помощи резинового шпателя по линии скругления наносим полосу Гравикола (шириной 4-5 см) и, не дожидаясь застывания пасты, тут же кладем 2-3 мм ламината, ширина полосы 10-12 см. После затвердения внешнюю часть стыка шпателью сферой, красят.

Крепость и герметичность такого соединения не имеет равных. Не нужно никаких болтов — палубу от днища и так не отодрать!

**При соединении ламината с металлами** время полимеризации увеличивается. Поэтому медь, бронзу, латунь лучше

предварительно покрыть полиэфирной смолой с максимальным количеством отвердителя — для создания своеобразного грунтовочного слоя.

Полированные металлы, особенно нержавеющая сталь, плохо скрепляются с ламинатом. Но к железу и алюминию адгезия хорошая (отдельная тема — изъеденные ржавчиной конструкции — те вообще отлично оклеиваются!). Технология проста: перед ламинированием поверхность металла грубо зашкуривают или протравливают раствором фосфорной кислоты (после такой обработки состав обязательно смыть, металл высушить!). Промасленные поверхности хорошо обезжиривать четырёххлористым углеродом (если достанете, конечно), только обязательно наденьте защитные перчатки, работайте под вытяжкой — он очень ядовит, легко проникает сквозь кожу.

В случае необходимости **полиэфирный ламинат можно склеить с резиной**: протрите её серной кислотой (например, из свинцового аккумулятора), затем дистиллятом, ацетоном (для быстрой просушки) — в большинстве случаев адгезия выходит хорошая.

**Ненагруженные детали** допускаются садить на пластик саморезами (к примеру, деревянная облицовка входа в рубку, всякие таблички, фонарики, приборы крепятся именно так). Главное, чтобы отступ от края ламината не менее чем в 2,5 раза превышал диаметр самореза, а интервал между саморезами составлял не менее 3 диаметров; ламинат должен быть толще самореза минимум в 1,5 раза.

**Крепление трубчатыми заклёпками (пистонами)** крайне нежелательно, так как они пропускают воду. Такое крепление оправдано только там, где доступ с одной стороны и по каким-либо причинам нельзя крепить саморезами.

**Крепление арматуры к трёхслойным конструкциям** — особая сложность. Если желаете сделать сквозное отверстие там, где это не предусмотрено изготовителем, вам придётся постараться, чтобы надлежащим образом защитить корпус от влаги и разрушения. Выйти из положения поможет деревянный вкладыш, вклеиваемый в заранее пропиленное в сэндвиче отверстие, из которого выколотан весь наполнитель (ковырять яхту надо, естественно, изнутри). Вкладыш садится на Гравикол, потом заделывается ламинатом. Если это лицевая поверхность (скажем, потолок рубки), ламинат, конечно же, придётся шлифовать, шпаклевать и красить.

В случае, когда толщина сэндвича небольшая, можно обойтись и без деревяшки — просто заполнить отверстие ламинатом.

**Если на крепимую деталь предстоят небольшие нагрузки**, с лицевой стороны сэндвича выбираем фрезой отверстие под каждый болт (диаметром, скажем, 4-5 см), в каждое из которых вклеивается затем деревянная пробка, смазанная Гравиколом с добавкой отвердителя; после застывания излишки счищают, в пробках сверлят отверстия. Лучше делать так, чтоб установленная деталь закрыла своим основанием то безобразное, которое вы сотворили на лицевой поверхности лодки. И не забудьте щедро нашпиговать все дырки герметиком!

**При соединении двух трёхслойных конструкций** линии среза верхнего и нижнего слоёв разносят на 5-10 см, причём наполнитель срезается наискось.

В случае, если требуется вклеить в «трёхслойку» сплошной ламинат, плавно переходят от сэндвича к толщине ламината: разнеся линии разреза сэндвича и косого среза наполнителя, в месте стыка с сэндвичем на сплошном ламинате добирается дополнительная толщина, с плавным переходом на толщину пристыковываемого ламината. Стыки сращиваемых конструкций соединяются полками ламината внахлест.

Случается, из-за потери части бимсов и стрингеров палуба и крыша рубки на старых цельнопластиковых лодках заметно прогибаются. Можно установить новые элементы набора, а можно воспользоваться метлайном (корематом).

Можно и самим сделать **сэндвич из однослойной конструкции**, жёсткости которого будет достаточно, чтобы лишённые бимсов и стрингеров палуба/рубка без опасных деформаций выдерживали вес 1-2 человек.

Прежде всего, поскольку одновременно наложить 4 мм метлайн и 2 мм ламинат на потолок невозможно, яхту нужно перевернуть вверх килем — в таком положении зачищаем все ослабленные площади (болгарка + лепестковый круг), подготавливаем раскрой метлайна (он должен покрыть поверхность единым слоем, без наложений). Затем укладываем метлайн, наносим смолу (надо заметить, 4 мм метлайн впитывает её гораздо меньше, чем аналогичный слой ламината) и, не дожидаясь застывания, накладываем 2 слоя стекломата плотностью 450 г/кв.м. После отверждения прочность перекрытия такова, что достаточно всего пары бимсов — гораздо меньше прежнего. У нас, например, при ремонте 5-7-метровых яхт бимсы вовсе не требовались. И нет здесь никакого шаманства! Ведь укреплялся-то *цельнопластиковый корпус толщиной 5-6 мм*, изначально рассчитанный на несение нагрузок без дополнительных усилений, но со временем немного подуставший. А мы добавили ему 6 мм сэндвича, получив трёхслойную конструк-





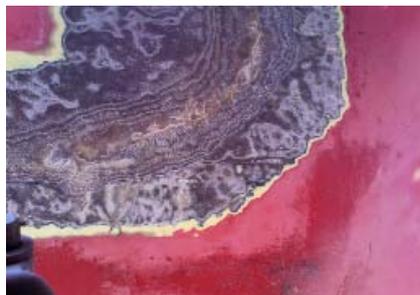
## Наружный ремонт

Он начинается с расчистки всех повреждённых мест, удаления старой отслоившейся краски (обычно это ремонтные покрытия, ведь «родной» гелькоут гораздо устойчивее ко внешним условиям).

Снимать старые ремонтные покрытия удобнее при помощи смывки. Её наносят кистью по всей поверхности яхты, затем счищают металлической щёткой или специальной насадкой, надетой на дрель. Та-



Начало ремонта: зачистка корпуса, выявление и вскрытие пузырей и расслоений



Вблизи видны слои стеклоткани корпуса



1. Неровные места зашпаклеваны сферой  
2. Обнаружена трещина в корпусе, края ее разделаны для заформовки ламинатом



Подготавливаем полосы мата и ткани разной ширины для гладкой заделки выемки



Разделанное углубление для качественной заделки трещины

цию в лучшем виде:  $6+4+2 = 12$  мм, из которых 8 мм — стеклопластик! (Не сравнивать с заводским сэндвичем типа « $2+4+2 = 8$ », где стеклопластика всего 4 мм).

Кстати. Нижняя сторона палубы и полка рубки менее всего подвержены отсыреванию — осмоса здесь можно не опасаться. Так что в данном случае применение метлайна оправдано и целесообразно. И «плюс» такой конструкции ещё в том, что не изгорбленные бимсами плоскости гораздо удобнее оклеиваются ковтролином.



Накладываем чередующиеся слои мата и ткани: от узких в начале набора до широких — при выходе на уровень борта



Прикатываем финишный слой мата для выравнивания



1. Начальные слои в середине разделанного углубления.  
2. Финишные слои — вровень с поверхностью борта

Найденные пустоты сразу вскрываем отточенным сапожным ножом; после вскрытия всех полостей зачищаем их болгаркой с лепестковым кругом Р40. Затем всё шпаклюется сферой.

**Кстати, о шпаклёвках.** Если вы уже приобрели фирменную эпоксидную шпаклёвку, знайте: каждый слой перед наложением нового надо тщательно зачищать, иначе из-за разделительной плёнки, образующейся на эпоксидном покрытии, последний слой долго не продержится. Да и сам такой ремонт «влетит в копеечку» — большую часть денег вы уплатили за брэнд... Пользуясь



Выравнивание поверхности латки плоскошлифовальной машиной

автошпаклёвкой, тоже помните: повреждение верхнего слоя краски и попадание туда влаги вызывает разбухание шпаклёвочной массы (это из-за минеральных глин, составляющих основу автошпаклёвок).

А сфера, как по мне, — лучший выбор при ремонте стеклопластиковых



Латка после шпаклевания сферой

яхт. Однажды я провёл эксперимент: отшпаклёванную сферой пластиковую деталь «утопил» в ведре с водой. После осмотра образца через полгода не выявлено ни размягчения, ни набухания, ни отслаивания шпаклёвки!

...После отверждения сферы отшпаклёванная поверхность выравнивается нанесенной на ткань грубой наждачкой (P40). Выручает плоскошлифовальная машинка (мощности 600-800 ватт вполне достаточно), однако труднодоступные места придётся шлифовать вручную.

Дальнейшая обработка зависит от того, чем вы собираетесь красить яхту. На снимках представлены три лодки: покрашенная полиуретановой судоре-

монтной краской фирмы Tikkurila, краской фирмы International и покрытая гелькоутом с его последующей шлифовкой и полировкой по корпусу. Палуба оставлена шагреновой с целью противоскольжения: такое покрытие даёт гелькоут без последующей обработки.

## Покраска лодки

Если палубу и борт выше ватерлинии планируется красить полиуретановой краской без предварительной грунтовки, механическая обработка должна быть наиболее тщательной. В этом случае вся поверхность зачищается наждачкой P100, «доводится» P240. Если наждачка при этом забивается (зависит от того, какой краской была покрыта яхта), можно производить обработку с водой.

В случае, если перед финишной покраской предполагается грунтовать поверхность, после P40 можно обработать её наждачкой P150 и всё. Помните, что расход полиуретановой краски на 10 кв.м поверхности составляет 1,5-2 литра. Это говорит о том, что слой её очень тонок и если небрежно прошлифовать поверхность конечной наждачкой, могут остаться видимые царапины от более грубой предыдущей обработки, которые будут видны после финишной покраски.

Опыт применения продукции раз-

ных фирм показал, что краска фирмы **Tikkurila** была среднего глянца и с достаточным количеством красящего вещества. Поэтому ею можно покрывать поверхности с некоторыми дефектами шпаклевания — они будут скрыты. Этой краской можно пользоваться без предварительной грунтовки, т.к. краска не просвечивается.

Краска **International**, напротив, обладает высоким блеском, поэтому поверхность должна быть идеальной, иначе все дефекты будут хорошо видны на зеркальной поверхности. Эта краска также обладает повышенной текучестью и склонностью к образованию потёков. В конечном слое (имеется в виду слой,



Красим борт ниже ватерлинии двухкомпонентной эпоксидной противосмосовой краской. Она наносится на рекомендованную производителем краски грунтовку

который при покраске невозможно далее увеличивать из-за угрозы потёков) она полупрозрачна. Поэтому поверхность предварительно необходимо грунтовать и цвет грунтовки должен быть похож на цвет финишной покраски.

Советую красить яхты при помощи пульверизатора и компрессора, так как покраска кистью не выдерживает никакой критики (полосы, потёки), а использование валика всегда даёт шагрень и следы от его проходов. (В нашем случае все три яхты красились грунтовочным пистолетом. Для полиуретановой краски использовалось сопло 1,5 мм, при покраске гелькоутом — 2,5 мм; гелькоут разбавлялся стиролом в количестве 12%.)

Если полиуретановые краски применяют выше ватерлинии, то ниже её, как правило, используются эпоксидные двухкомпонентные краски. Блеска они не имеют, поэтому наносить их можно как пульверизатором, так и валиком.

Финишный слой ниже ватерлинии — необрастайка. Её я советую всегда наносить пульверизатором, потому что гладкая блестящая поверхность, которую даёт такая покраска, не только красива на вид, но и снижает сопротивление при движении яхты.

Как красить пульверизатором, я думаю, излишне объяснять. И всё же: нужно добиться тонкодисперсной взвеси распыляемой краски, наносить — с расстояния 40-60 см. Давление компрессора должно быть 2-2,5 атмосферы. Напылять нужно полосами, чтобы следующая полоса перекрывала предыдущую. В начале и в конце полосы необходимо от-





Борта и палуба покрашены пульверизатором полиуретановой краской высокого блеска International

пускать курок пистолета. Таким образом вы красите квадрат полосами слева направо и сверху вниз. Когда дойдёте до нижней полосы, которую ещё удобно красить стоя, присев или полуплёжа, переходите к соседнему квадрату. То, что осталось неокрашенным ниже или выше, покрасьте потом — с другой позиции.

Напылять необходимо в 2 прохода: первый — лёгкий непрокрас, вам кажется, что краска ложится шагренью, но она может через пару минут проявиться. Второй слой (через пару минут) — полный прокрас, но как только краска начинает блестеть, переходите к следующему участку, иначе неминуемы потёки. Смесь для распыления должна быть достаточно жидкой — чтобы только не была прозрачной в окончательном слое. Если не добиваться минимальной густоты, то финишный слой будет шагренью.

Для разбавления краски нужно использовать только растворитель, рекомендованный фирмой-изготовителем (использование другого растворителя может привести к сворачиванию, невысыханию краски или потере ею глянца, прочности). Не пытайтесь закрасить пропущенные при отделке ямочки и другие дефекты — их заделкой нужно было заниматься после проявочной покраски грунтовкой. Теперь же это приведёт только к образованию потёков.

*(Думаю, советы эти мало помогут, если покрасочный пистолет вы взяли в руку впервые. Тут нужно приобрести собственный опыт. И всё равно приемлемо красить получается только у 1-2 человек из 10 берущихся за это. Недаром работа, например, автомаляра так хорошо оплачивается.)*

## Напыление пластика

Всё вышесказанное относится ко всем краскам — кроме гелькоута. Наружная покраска гелькоутом до сих пор многими считается невозможной, но мы ломаем эти стереотипы и выполняем такие работы. Конечно, операция эта трудоёмкая и дорогостоящая, но получение нового покрытия качеством выше заводского разве того не стоит?!

Гелькоут напыляется на поверхность яхты слоем до 1мм (в качестве грунтовки мы используем полиэфирную смолу, накладываемую слоем 0,5 мм: такая обработка выравнивает мелкие погрешности предыдущей механической обработки, заполняет старые эрозийные и усталостные трещинки заводского слоя стеклопластика).

В случае покрытия гелькоутом после шлифовки сухой поверхности наждачкой Р40 никаких дополнительных обработок более мелкой наждачной бумагой не нужно. Новый слой пластика надёжно защитит

судно от осмоса и повреждений при будущей эксплуатации.

Как правило, палубу напыляем гелькоутом и не шлифуем вовсе — получаем шагренью матовое покрытие, которое «работает» как нескользящее — и при этом отлично моется, не трескается и не меняет цвет под лучами солнца (чего не скажешь об иных красках). Выходит, «штатное» нескользящее покрытие в этом случае можно нанести на яхте по минимуму и, как говорится, чисто для вида. Борта же должны блестеть, это не только требование эстетики: глянцевая поверхность меньше пачкается в воде, даёт лучшее скольжение, что особенно важно, если яхта участвует в гонках.

Ниже ватерлинии поверхность гелькоута обрабатывается наждачкой Р240 и покрывается необрастайкой.

**ПОКРЫТИЕ ТОПКОУТОМ** — напыление пластика (полиэфирного гелькоута) на поверхность изделия (яхты). От гелькоута топкоут отличается лишь наличием в составе 1-4% парафина. (В обычный гелькоут добавляют 10% раствор парафина в стироле в количестве 10-40 г на литр. Делается это для того, чтобы после застывания поверхность не была липкой: при использовании гелькоута не через матрицу стирол испаряется с внешней стороны покрытия. Однако наносимый топкоут не будет зеркально гладким. Он даёт шагрень, а парафин — матовость. Шагрень будет тем больше, чем гуще гелькоут, а матовость тем сильнее, чем выше процент парафина.)

Если вас устраивает матовая шагреньевая поверхность — хорошо. Но если вы с этим боретесь — разбавьте гелькоут стиролом! (Парафин и стирол продаются там же, где и гелькоут. Гелькоут сейчас стоит 55-65 грн./кг, стирол — 35-40. . .). Производители советуют добавлять стирола не более 3% от массы гелькоута. Но мы бодяжим до 12% (проверено на личном опыте!), добиваясь густоты как у автомобильной краски. На 10 кг гелькоута идёт 1-1,2 кг стирола (бывает, и меньше) — зависит от конечной густоты смеси. Хорошая ТИКСОТРОПНОСТЬ (способность нанесенного слоя удерживаться на вертикальной поверхности без стекания) позволяет напылять «наш» гелькоут толщиной до 0,3-0,5 мм даже в таком жидком состоянии. При этом получаем не шагреньевую поверхность, как при покраске автоэмалью.

Вопреки фундаментальным постулатам производителей композитов скажем: МОЖНО РАЗБАВЛЯТЬ ГЕЛКОУТ АЦЕТОНОМ (он же растворитель №647!) Это как вариант для тех, кто не нашёл (или не захотел найти) стирол... Правда, отверждение гелькоута начнётся только тогда, когда испарится весь введённый в него ацетон (в отверждение полиэфирного материала добавилась операция воздушной сушки). То есть, чем лучше вентиляция и выше тем-



пература, тем быстрее покрытие затвердеет. Но будьте осторожны: иногда гелькоут не отвердевает вообще.

Конечно, с новой яхтой из полиэфиров этого не случится — но она обычно и не требует ремонта! Проблему способны создать некоторые эпоксидные краски и шпаклёвки, которые могут контактировать с новым покрытием в корпусе старой яхты. Ведь классический отвердитель эпоксидки — сильное органическое основание, эквивалент щёлочи. А полиэфирная смола отверждается кислотой. Вот и получается: чем дольше эфирный гелькоут контактирует с эпоксидными компонентами, тем больше вероятность того, что он не затвердеет вообще — отвердители потихоньку нейтрализуют друг друга. А ведь растворитель-то как раз и увеличивает время застывания полиэфирной краски... Когда допущена подобная ошибка, выход один — поскорее считать скребком или смывать растворителем



Яхта покрашена полиуретановой краской среднего блеска Tikkurila



Семиметровая яхта, перед покраской в серый цвет



Выводить до идеального состояния днище удобнее, когда лодка стоит вверх ногами



Отделка яхты перед покраской

«неставший» гелькоут. Затем минимум одни сутки просушить поверхность под прямым солнцем, зашкурить переходы между «ставшим» и «неставшим» гелькоутом, и снова красить — но уже со стиролом в качестве разбавителя! На таких яхтах обязательно перед напылением гелькоута использовать в качестве грунта полиэфирную смолу. Она не требует добавления разбавителя и парафина, достаточно гладко ложится и гораздо быстрее затвердевает, чем гелькоут (для ускорения процесса на 1 л смолы добавляйте 20 г отвердителя). Она быстро «станет», создав защитный слой, и «вражеская» эпоксидка не успеет испортить проделанную работу.

Топ довольно хорошо обрабатывается. Так что, готовясь к серьёзной регате, задуйте корпус своей яхты гелькоутом, отшлифуйте его и отполируйте. Надо заметить, из-за предстоящей шлифовки

напыляемый слой должен быть довольно толстым (скажем, на покраску корпуса площадью 12 кв. м идёт 14 кг гелькоута, причём шагреновую поверхность такой площади два человека доводят до глянца за 7-8 дней). Однако чего не сделаешь ради небольшой, но прибавки в скорости!

Последнее, что хотелось бы сказать о внешнем ремонте: не поленитесь вокруг яхты соорудить лёгкую плёночную палатку (такие вы видите на снимках). Без неё качественно задуть корпус яхты пульверизатором не удастся. Даже если красите валиком, подумайте, сколько времени вам сэкономит возможность работать в дождливую погоду, если яхта будет защищена палаткой.

## Переделка судна

Корпус любой, даже самой завалющейся, «посудины» проектируется конструкто-



Так выглядит палуба после разделки всех критических мест



Готовая покрашенная гелькоутом, отшлифованная и отполированная яхта



1. Места в кокпите, которые не удается усилить изнутри, наформовываем метлайном и ламинатом снаружи. Эти места приходится шпаклевать и красить.
2. Сливные отверстия закрыты перед покраской, чтобы не уменьшился размер посадочного места для металлических патрубков.

ром. И если владелец яхты на свой страх и риск решил изменить высоту борта, водоизмещение судна, сместить или увеличить надстройку, мы говорим ему, что технически по стеклопластику готовы выполнить любую работу, гарантируем её качество, но... все мореходные свойства после такого ремонта останутся на совести заказчика.

На снимках вы видите переделку задней части яхты. Ширина борта в корме увеличена на 80 см, длина — на 60 см. Закрытый кокпит и прямой срез кормы заменены открытым кокпитом и косо срезанной задней поверхностью. Для того, чтобы добиться этого, пришлось разрезать борта судна до мидель-

шпангоута. Затем, применяя для внешнего формования проставки из 10 мм фанеры, мы добились равномерного расширения поверхности бортов, что позволило расширить и палубу. При изготовлении нового кокпита и кормы применялись формообразующие вставки из фанеры, которые были удалены после застывания ламината. Таким образом получили цельную поверхность всех отформованных частей (вы их видите на иллюстрациях).

Переходы толщин между старой трёхслойной и новой цельнопластиковой поверхностью осуществлены путём наложения на стыковые участки слоя наполненного Гравикола и покрытия его внахлест 3-4 мм ламината. Основная трудность такого формования заключается в том, что для выравнивания поверхности требуется основательное шпаклевание (мы работали сферой). Покраску выполнили гелькоутом, как описано выше.

Всю работу два специалиста делали 14 дней.

## Борьба с осмосом

Суть её — в удалении поражённого гидролизом материала и замене его новым, не менее важная задача — создать воде преграду в виде специального барьерного слоя. (Хотя ни одно из существующих покрытий не водостойко на 100%, ни одно из них не вечно, современные барьерные покрытия значительно лучше «держат воду», чем родной гелькоут или те же покрытия десятилетней давности.)

Итак, снимаем мачту, ставим судно на кильблоки в сухом помещении. Если присутствуют внешние признаки осмоса, описанные нами ранее, — при помощи болгарки с лепестковыми кругами удаляем весь гелькоут ниже ватерлинии. Затем осматриваем стеклопластик, выявляем помутневшие, размягчённые, пузырящиеся места и специальными электрорубанками контролируем снимаем от 0,3 до 3 мм материала (за проход). Обычно удаляется слой в 1 мм — это не перегружает инструмент и уберегает от случайного снятия здорового стеклопластика (не забывать вести учёт общей толщины снятого слоя!). Места, труднодоступные для рубанков, проходим

болгаркой с лепестковым кругом Р40. Такая обработка позволяет получить гладкую поверхность, которая перед наложением новых слоёв ламината требует только небольшой доочистки плоскошлифовальной машинкой с наждачкой Р40. Как только дошли до здорового стеклопластика — прекратили обработку!

Удаление поражённого слоя закончено. Теперь стоит забыть о яхте на 2-4 недели. Пусть она постоит в сухом закрытом помещении, пока влага естественным путём не покинет поры стеклопластика. Помните: если мутный гидролизный слой удалить не полностью, сушка займёт месяцы, а то и годы, так как слой этот содержит очень гигроскопичные вещества. Посему, даже высушив такой пластик, вещества эти никуда не деваются и при мизерном поступлении влаги гидролиз идёт вновь. Ясное дело, такой слой не может быть основой для барьерного покрытия.

Наконец яхта просохла — можно наращивать толщину! Используем стекломат плотностью 450 г/кв.м и стеклот-



## Ремонт заводского пера руля

1. Между всего двумя слоями ламината при формовке умудрились сделать обширные пузыри.  
2. Заводское ребро жесткости было сделано из пенопласта. Мы заменяем его на алюминиевый профиль.  
3. Разрезанное перо руля вновь склеивается на гравикол. Внутренняя полость заливается смесью омегасферы и полиэфирной смолы, которая имеет гораздо меньший вес, чем чистая смола или любая шпаклевка, и — достаточную прочность. Затем перо красим гелькоутом, шлифуем и полируем.



Заводской деревянный шверт отчищаем от краски, шлифуем, покрываем полиэфирной смолой, затем — необрастайкой

кань — 500 г/кв.м. Слои мата даёт в ламинате толщину 1 мм, ткань — 1,3 мм. В зависимости от снятой рубанками толщины борта (обычно — не более 6 мм) накладываем чередующиеся слои ткани и мата. При этом стараемся, чтобы первым слоем к корпусу был мат, а наружным — ткань. При наращивании толщины мы пользуемся винилэфирной смолой, которая в работе мало отличается от полиэфирки, но по сопротивляемости осмосу приближается к эпоксидке.

Теперь барьерный слой. Это покрытие из чистой винилэфирной смолы, наносимое за три прохода грунтовочным пульверизатором с соплом 2,5 мм. Затем в качестве грунтовки наносится один слой винилэфирной смолы с серым пигментом. Это для того, чтобы при конечном шли-

фовании были видны неровности (на прозрачной смоле их плохо видно). Толщина барьерного слоя достигает 1,5 мм, что в 3 раза выше, чем при аналогичном покрытии эпоксидным составом.

Далее — механическая обработка плоскошлифовальной машиной, покраска двумя слоями необрастайки... Всё, можно спускать лодку на воду!

...

## Пару слов о технике безопасности

**Важно:** при любых работах со смолами, гелькоутом, краской обязательно использование хорошего респиратора со свежими угольными патронами.

Полиэфирные смолы, гелькоуты и гравикол при отверждении выделяют тепло. Чем толще набираемый за раз слой ламината, чем выше температура окружающего воздуха, и чем больше процент отвердителя, тем выше температурный пик экзотермической реакции. Если то, что вы наформовали разогрелось и нестерпимо воня-



шая, продолжается ещё неделю. Незащищённые глаза — это конъюнктивит как минимум на день. Потому советую одеть целлюлозный комбинезон с капюшоном, чехлы на обувь, перчатки и полную маску, которую вы видите на фото. Использовать её при наформовке ламината неудобно (стекло быстро пачкается), а вот для пыльной работы — в самый раз. Не прерывая процесс, запыленное стекло протирается перчаткой или любой тряпкой.

**Андрей КОСЕНКОВ**  
(mastercomposit.ucoz.ua)

**P.S.** Все полиэфирные материалы (гелькоут, смола, склеивающая паста) переходят в твердое состояние только после добавления в них отвердителя. Мы пользуемся одним из этих: Луперокс К-1, Бутанокс, Курокс. Все они производные азотной кислоты, поэтому следует избегать их попадания на кожу и в глаза. Процент отвердителя составляет от 1 до 3 от массы полиэфирного компонента и напрямую влияет на скорость желирования сырого ламината. Как и температура внешней среды. Например, в жаркую погоду



ет, поливайте водой. Не забывайте банки с невыработанными реактивами с добавленным отвердителем на яхте, они могут загореться!

В жаркий летний день внутренность яхты напоминает душегубку. И, работая с растворителями и прочими подобными веществами, не надо терпеть, аж пока глаза заслезятся — закрепите в носовом иллюминаторе (или люке) большой вентилятор, на худой конец пылесос, опустив его всасывающий шланг в «вонючую» зону, выхлопной трубой — от себя подальше.

Когда внутри яхты вы болгаркой счищаете слой стеклопластика, стеклянная пыль забивается буквально в каждую незащищенную пору вашего организма. Это — адский зуд всего тела, который, понемногу умень-

(25-35 градусов Цельсия) добавляйте отвердителя не более 10 гр/л смолы. При температуре 15-20 градусов процент может быть повышен до 2 (20 гр/л), при критически низких для реакции температурах 8-10 градусов добавляем 30 гр/л отвердителя. При таком холоде целесообразно «дать старт» реакции, локально прогрев сырой ламинат при помощи фена в течении 5-10 минут, дальше реакция «согреет себя сама». Для дозировки отвердителя удобно пользоваться медицинским шприцем емкостью 20 мл. Кисточки, в отличие от их использования для эпоксидной смолы не надо каждый раз выбрасывать. Если мыть и хранить их в закрываемой емкости с уксусом (растворителем 646, 647), они работают 1,5-2 месяца (немалый плюс, если кисть стоит 10-30 грн).