

# Да будет свет!



Экспериментировать с подсветкой моделей я начал много лет назад. Традиционный для гражданской авиации масштаб 1/144 серьезно ограничивает возможности размещения даже самых мелких светодиодов, а световоды не обеспечивают ни должной яркости свечения, ни, самое главное, нужного угла рассеивания света. Поэтому я долго присматривался к модели Ту-154М в масштабе 1/72 от киевского мастера А. Левых. Сделанная в «офисном» стиле без шасси и остекления, с цельноотлитым фюзеляжем без иллюминаторов, в пределах своего предназначения эта модель по-своему совершенна. Точная геометрия, воспроизведенные в полном объеме эксплуатационные и монтажные лючки и даже клепка, как потайная, так и выступающая, вызывали сильное желание не просто использовать эту заготовку для постройки стендовой модели, но и оснастить ее интерьерами кабины, салонов и всевозможной светотехникой.

Опасения вызывали материал, мало пригодный для серьезного вмешательства – пористо-рыхлая смола, армированная стеклотканью и покрытая сверху тонким виниловым слоем – и отлитые зацело крупные элементы, такие как фюзеляж, крыло и двигатель. Манила же перспектива использовать многолетний опыт работы с моделями и возможность решить множество технологических и даже инженерных задач, а также и желание показать, насколько может изменить восприятие точное воспроизведение

электроосвещения, редко и ограниченно применяемое в стендовом моделизме.

Итак, решение принято, и первым инструментом стала дисковая фреза. Чтобы получить доступ к фюзеляжу изнутри, но при этом минимально нарушить его целостность, я отказался от распила вдоль на половинки, а решил ограничиться отделением верхней части носа и выпиливанием капотов второго двигателя. Дальнейшая работа убедила меня в правильности такого решения, так как материал модели предсказуемо оказался очень сложным в работе – трудности обратного сращивания половинок фюзеляжа с восстановлением выпиленного фрезой материала и сохранением правильного цилиндрического сечения с лихвой перекрыли бы сложность монтажа интерьера при ограниченном к нему доступе.

Первой серьезной проблемой стали окна. Без свободного доступа изнутри рассчитывать на индивидуальное остекление каждого окна не приходилось. Выдавленные из пластика «стекла» вставить и прочно закрепить в выпиленных проемах, действуя только снаружи, теоретически, быть может, и осуществимо, но настолько трудоемко, что этот вариант я отверг сразу. Заливка проемов прозрачной смолой вызвала сомнения из-за рельефной и шероховатой внутренней поверхности стенок фюзеляжа, неоднородных по толщине. Это делало проблематичным заклеивание зоны окон герметичной маской, которая, к тому же, должна была бы быть идеально глян-

цевой, так как отполировать внутренние поверхности окон, не имея к ним свободного доступа, невозможно, равно как и пытаться заливать смолу изнутри. Остался традиционный способ выпилить целиком прямоугольные участки с рядами окон, заменить их изогнутыми по радиусу сечений фюзеляжа полосками оргстекла, а непосредственно окно сформировать с помощью масок при окраске. Вырезы сделал с запасом по 2 мм от верхних и нижних границ окон, чтобы можно было обрабатывать швы без риска задеть зону будущих стекол. Четыре прямоугольных выреза под ряды окон переднего и заднего салона, и три квадратных под окна дверей серьезно ослабили фюзеляж, стенки которого в зоне вырезов начали «гулять», и стало понятно, что для полосок из оргстекла придется ставить упоры в виде небольших участков шпангоутов, приклеенных изнутри к стенкам. Главным при этом было угадать места их расположения, чтобы впоследствии они оказались точно в межоконных промежутках.

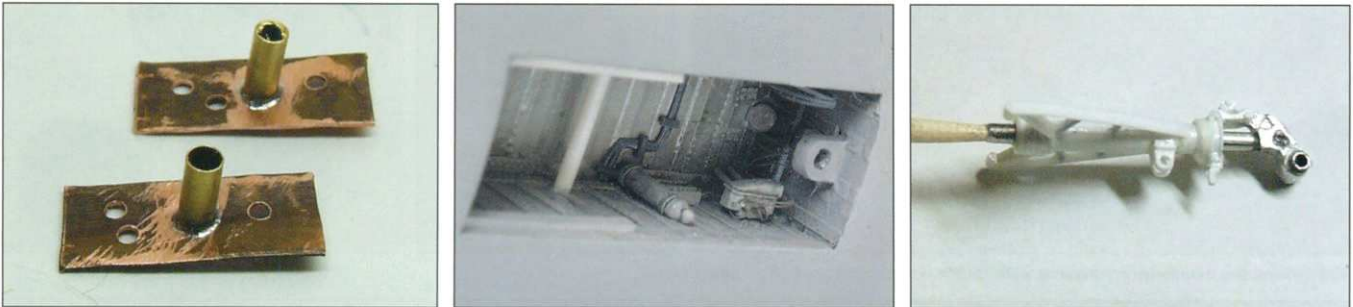
С кабиной пилотов пришлось поступить более радикально. Просто выпилить окна переплета было недостаточно, так как неоднородность толщины стенок в этом месте варьируется в пределах нескольких миллиметров, а снятие внутреннего слоя со стеклотканью делает стенку кабины в зонах оконных стоек очень хрупкой. Отпиленная по линии между шпангоутами №11 – №12 и СГФ (строительной горизонтали фюзеляжа)



Слева и в центре: Изготовление окон с помощью гнутых полосок оргстекла и масок. Справа: Из-за особенностей материала модели верхнюю секцию фюзеляжа в районе пилотской кабины пришлось заменить копией из полиуретановой смолы. Стекла из миллиметрового оргстекла вставлены в вырезанные проемы и закреплены цианакрилатным клеем.



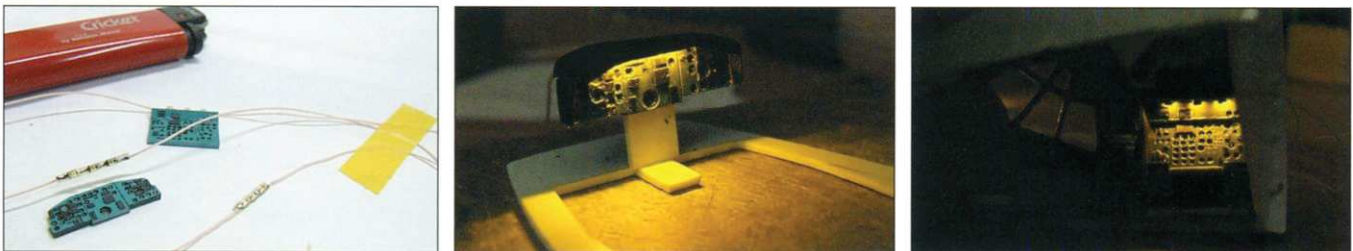
Слева и в центре: Красные светодиоды с линзой в виде штырька подошли без обработки. Справа: Белый хвостовой огонь из-за маленького размера пришлось имитировать световодом, вклеенным в светодиод.



Вес модели получился изрядный, поэтому опоры для стоек шасси сделаны из металла, как и несущие элементы самих стоек.



Слева: Подсветка обязывает воспроизвести интерьер кабины до мелочей. В центре: Сидящий в глубине кабины бортиженер виден через окна лишь частично, поэтому не кажется манекеном. Справа: Кабина готова к сборке и монтажу на самолет.



Светильники на бескорпусных микросветодиодах помещаются под козырьки приборных досок и дают очень натуралистичную подсветку.

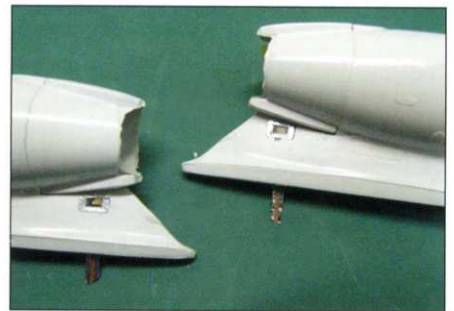
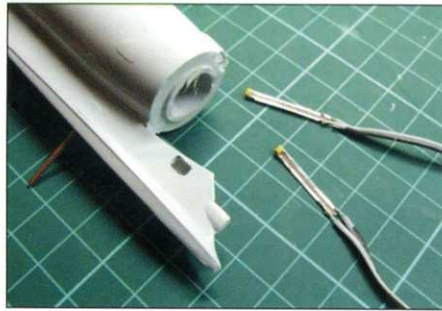
кабина послужила мастер-моделью для отливки копии из полиуретановой смолы, значительно более пригодной для обработки – на ней довести толщину стенок до нужного значения с помощью гравера и зубо-врачебных фрез было относительно несложно.

Нетривиальной задачей было просунуть, развернуть и закрепить хвостовой гермопангоут и S-образный канал двигателя №2, склеенный из двух половинок, выдавленных деревянным пуансоном в фанерной матрице. Толщину внутренней части воздухозаборника и стенки фюзеляжа в местах прохождения S-образного канала тоже пришлось уменьшать фрезерованием, доводя ее в отдельных местах до 0,5 мм.

Одновременно были вклеены имитирующие импульсные огни светодиоды с заранее припаянными проводами и хвостовой аэронавигационный огонь. Если для импульсных маяков идеально подошли светодиоды с длинным штырьком (такие используются в бытовой технике), то белый хвостовой АНО пришлось сделать световодом, вытянутым из прозрачного литника и слегка оплавленным с одного конца в виде линзы. Другой конец световода, просунутый сквозь тонкостенную стальную трубочку, закрепленную на фюзеляже под срезом сопла второго двигателя, вклеил на «Футуре» в отверстие, просверленное в корпусе светодиода белого свечения, после чего всю систему закрепил в полости

хвостовой части фюзеляжа двухкомпонентной смолой Рохірол и закрасил черной краской.

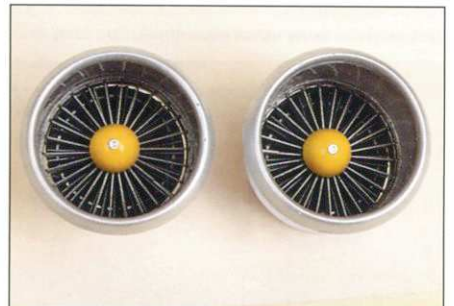
При выбранном способе вскрытия фюзеляжа единственным возможным вариантом поместить в него два пассажирских салона оставался собрать их предварительно их единым блоком и потом вдвинуть в хвостовую часть. Пол из миллиметрового листового полистирола укрепил снизу продольными брусками, сделав в них разрыв в районе среднего тамбура, чтобы при вставлении салонной сборки в фюзеляж через отпиленный уголок нос можно было слегка изогнуть ее – иначе сборка просто не проходила в проем. С этой же целью потолочная панель с имитацией багажных полок тоже



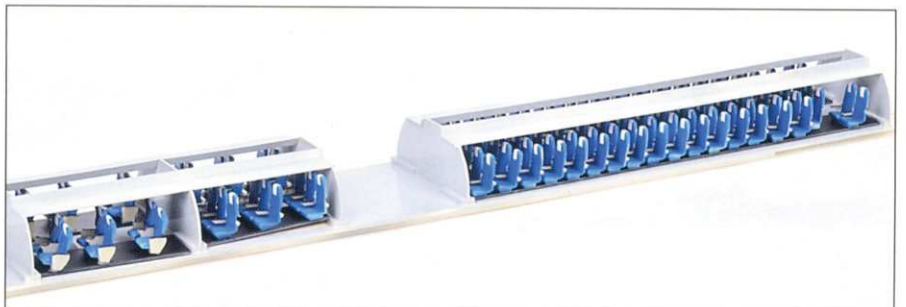
Лампы подсветки эмблемы на киле. О них мало кто знает, хотя их работу видел каждый, кто хоть раз был в аэропорту в темное время суток. На Ту-154 они упрятаны в пилоны двигателей.



Изготовление смесителя потоков холодного и горячего контуров двигателя.



Изготовление входного устройства двигателя. Стаканчик канала воздухозаборника из бумаги, он же с приклеенной обечайкой воздухозаборника, все в сборе.



Сборка салонов.

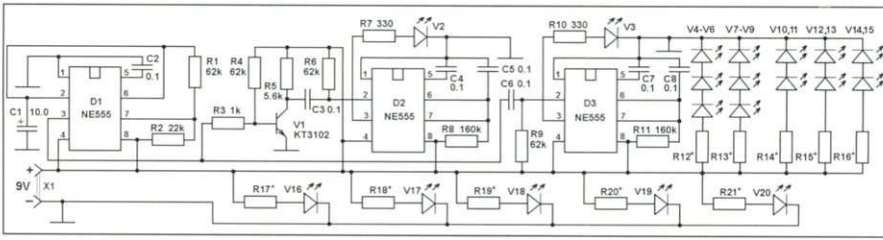
сделана отдельно для переднего и заднего салонов, а перегородки, отделяющие салоны от тамбуров, меньше внутреннего диаметра фюзеляжа на толщину упоров для прозрачных полосок оконной части обшивки.

Кресла двух типов – для экономического и бизнес-класса – отлитые из полиуретановой смолы, покрашенные и приклеенные к полу, и занавески в проходах оказались достаточными для имитации интерьера салонов, обзор которых ограничен небольшими размерами окон. Для большего реализма у части кресел эконом-класса я завалил спинки вперед в случайном порядке – так часто выглядят салоны лайнеров перед посадкой пассажиров на рейс.

Так же – отдельным агрегатом – сделал и кабину экипажа. Здесь упрощения уже недопустимы, поскольку обзор через остекление фонаря, а тем более с подсветкой, позволяет разглядеть не только кресла, штурвалы и доски пилотов и бортинженера, но и щитки АЗС (автоматов защиты сети), гардероб, занавески и кислородный переносной прибор, закрепленный над входной дверью. За доску бортинженера усадил фигурку в форменной одежде с рукой, поднятой к щитку электросистем, обосновав тем самым ситуацию с включенными огнями и пустыми салонами: бортинженер, принимая борт, проверяет электросистемы в ожидании остальных членов экипажа. Подача электропитания внешним кабе-

лем через РАП (розетку аэродромного питания) при этом выглядит совершенно естественно.

Настала очередь монтажа электросистемы самой модели. Схема имитации световых импульсных маяков СМИ-2, разработанная двадцать лет назад и повторенная не один десяток раз, оказалась простой, надежной и эффективной, поэтому я применил ее и здесь. Схема, питающаяся постоянным током напряжением 9 В, состоит из генератора прямоугольных импульсов и двух формирователей вспышки, сделанных на таймерах NE555 (отечественный аналог КР1006ВИ1), нагрузкой которых являются два красных светодиода. Прямоугольные импульсы с выхода гене-



Электрическая схема элементов подсветки модели.

ратора на D1 поступают на входы формирователей D2 и D3 через дифференцирующие цепочки C3 R6 и C6 R9, соответственно, причем сигнал на дифференцирующую цепочку формирователя D2 инвертируется на транзисторе V1. Таким образом, один формирователь запускается передним, а второй задним фронтом прямоугольного импульса, обеспечивая поочередные короткие вспышки через равные промежутки времени, задаваемые резисторами R1, R2 и конденсатором C1. Резисторы R7 и R10 задают ток через светодиод, который может быть близок к максимальному значению тока через данный тип светодиодов, так как импульс короткий и не успевает вызвать перегрев кристалла. Если использовать планарные элементы для поверхностного монтажа, схему вполне можно разместить даже в модели масштаба 1/144, не говоря уже о 1/72.

Вся остальная электрика сводится к простейшим цепочкам из светодиода и токозадающего резистора, V17, V18, V19 – красный, зеленый и белый БАНО, V20 и V21 – подсвет эмблемы. Подсветка приборных досок (V4-V6, V7-V9) сделана группами из трех, салонов (V10, V11, V12, V13 и V14, V15) из двух светодиодов и резистора каждая. Номиналы резисторов R12–R21 зависят от типа используемых светодиодов и требуемой яркости. Рассчитать их очень просто: яркость светодиода зависит от протекающего через него тока, падение же напряжения на светодиоде остается примерно постоянным. Так, типовое значение падения напряжения на красных светодиодах равно 1,6 В, на зеленых, желтых и белых – около 2 В. Чтобы светодиод не сгорел, разницу между напряжением источника питания и падением напряжения на светодиоде нужно погасить на последовательно включенном резисторе. Сопротивление резистора и будет задавать рабочий ток через светодиод, так как при последовательном соединении элементов ток через каждый из них будет одинаков. Например, нам нужно рассчитать резистор для красного БАНО при напряжении питания 9 В. Напряжение, которое нужно погасить  $U_{пит} - U_{д} = 9 - 1,6 = 7,4$  В.

Допустим, устраивающая нас яркость будет при токе 10 мА, тогда сопротивление резистора по закону Ома для участка цепи будет  $R = (U_{пит} - U_{д})/I$ . Если ток подставлять в формулу в миллиамперах, сопротивление получим в килоОмах,  $(9 - 1,6)/10 = 0,74$  кОм. Ближайший номинал резистора по ряду E24 будет 750 Ом.

Точно так же решаем задачу для группового источника света, например, для плафона подсветки приборной доски с тремя желтыми светодиодами и током 5 мА сопротивление резистора будет  $(9 - 2+2+2)/5 = 0,6$  кОм, ближайший номинал будет 620 Ом. Следует обратить внимание, что светодиоды при одинаковом токе могут немного отличаться яркостью, поэтому для групповых источников света лучше подобрать светодиоды с одинаковыми параметрами. Яркость нужно подбирать также исходя из задачи светильника: если импульсные маяки должны давать очень яркие импульсы, БАНО быть просто яркими, то подсветку салонов лучше сделать немного приглушенной. А яркость подсветки приборных досок, где на малом участке стоят три светодиода, при том, что в реальном самолете доски подсвечиваются очень деликатно, чтобы не утомлять глаза и не вызывать затруднений при переносе взгляда в ночные окна, должна быть минимальной.

Светильники для приборных досок я сделал из полосок тонкого фольгированного стеклотекстолита шириной 1,5 мм и длиной 15 мм и вклеил их под козырьки так, чтобы

виден был только свет, падающий на приборные доски.

Потолки пассажирских салонов сами являются печатными платами светильников, в них протравлены дорожки, соединяющие параллельно три группы, каждая из которых состоит из последовательно соединенных двух светодиодов белого свечения и резистора. Одна группа подсвечивает передний, две оставшиеся – задний салоны.

Красный и зеленый крыльевые БАНО из обточенных почти до кристалла светодиодов вклеены в законцовки крыльев и залиты прозрачной эпоксидной смолой.

И, наконец, два светодиода, припаянные к узким платам 2x20 мм и вставленные в полости, выбранные фрезой в хвостовой части пилонов двигателей под прорезанные и застекленные окошки в верхней обшивке пилонов – так называемые лампы подсвета эмблемы – освещают киль и регистрационные знаки на воздухозаборнике второго двигателя. Как и светодиоды подсветки приборных досок и салонов, они тоже бескорпусные и миниатюрные, размером едва превышают сечение торца спички, пять их надо предельно осторожно, жало паяльника должно иметь форму острого конуса.

Светодиоды белого свечения еще и чувствительны к превышению тока – на самом деле это светодиоды ультрафиолетовые, а белый свет под действием ультрафиолета излучает люминофор, содержащийся в компаунде, закрывающем кристалл. Даже незначительное и кратковременное превы-



Работа подсветки – хорошо видна подсветка хвостовой эмблемы.



шение предельного тока губительно для них, поэтому лучше ограничиться величиной тока не более 8 мА.


Схему СМИ-2, собранную на отдельной печатной плате, я разместил в хвостовой части фюзеляжа, в непосредственной близости от светодиодов, чтобы уменьшить количество проводов, идущих через всю модель, а под полом кабины установил небольшую кросс-плату с резисторами, подключенную к РАП, от которой уже расходились жгуты ко всем потребителям. Весь монтаж сделал проводом МГТФ сечением 0,03 кв. мм для проводки внутри фюзеляжа и 0,35 кв. мм для цепей, выходящих за его пределы, крыльевых БАНУ и ламп подсветки эмблемы (из соображений прочности). Эти пары я отмерил с запасом, а излишек свернул и закрепил скотчем в местах сопряжений крыла и двигателя до окончательного монтажа.

Много времени ушло и на доводку двигателей. Изначально состоящие из пяти деталей: мотогондолы, обечайки воздухозаборника, реверсивного устройства и двух штампованных кружочка из фольги, отдаленно напоминающие компрессор и тур-

ше миллиметра. Полость канала я расточил зажатой в патрон электродрели фрезой до равномерной толщины стенок 1 мм, а из нескольких слоев писчей бумаги склеил стакан с пояском по внешнему краю, и пропитал его затекающим цианакрилатным клеем Dope Deal DD6636. После пропитки бумага становится твердой, как пластик, и хорошо обрабатывается наждачкой. Развертки деталей входного устройства нарисовал в Corel Draw и отдал на изготовление фототравлением. ВНА, в развернутом виде напоминающий расческу, согнул кольцом, лопатки (зубья «расчески») отогнул внутрь с разворотом на 90 градусов, а в центре закрепил лопатки цианакрилатным гелем на втулке. Первая ступень компрессора низкого давления – составная из двух дисков с 18 лопатками каждый, спаянных со сдвигом на полшага. В прорези на задних кромках лопаток вклеено кольцо из тонкого полистирола, все вместе закреплено на оси, увенчано обтекателем и вставлено в донышко стакана, с противоположной стороны к пояску приклеена обечайка воздухозаборника. В таком виде входное устройство можно установить на заключительной стадии сборки модели, избежав необходимости накладывать дополнительные маски при окрашивании.

Также агрегатно сделал и выходное устройство, турбина с креплением опорного подшипника и конусом – из смолы, а гофрированное кольцо смесителя спаял из отоженной латуни, надел на колпачок от клея ПВА подходя-

щей формы и в несколько заходов промял гофр, нажимая боковой частью шила. Турбину и смеситель поместил внутрь тонкостенного сопла из бумаги, пропитанной цианакрилатом и окрашенного полирующимся металлайзером, и все это, установив на мотогондолу, закрыл реверсивным устройством.

Работы по шасси, антеннам и прочим элементам описывать нет смысла – они стандартны для большинства моделей. Все же главной «изюминкой» должна была стать подсветка, а стоит ли результат затраченных усилий, решайте сами. 



Хвостовой БАНУ и нижний проблесковый маяк.



Через окна кабины виден бортинженер за пультом.

бину – без доработки они никак не соответствовали критериям стендовой модели. К тому же, полость воздухозаборника, диаметром чуть больше внутреннего диаметра обечайки, смещена так, что с одной стороны обечайка заподлицо прилегает к стенке канала, а с другой образуется ступенька боль-

