

ПРИНЦИПЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ ДЛЯ ДАТЧИКОВ С ОТКРЫТЫМ ОПТИЧЕСКИМ КАНАЛОМ*

Е. А. Бадеева, Е. А. Полякова, А. В. Мотин

Пензенский государственный университет, г. Пенза

Научный руководитель – Е. А. Бадеева, д.т.н., доцент

В работе [1] проведен анализ механической надежности волоконно-оптических кабелей (ВОК) для волоконно-оптических датчиков (ВОД) различных физических величин, на основании которого сделан важный методологический вывод: для повышения надежности ВОД в условиях ракетно-космической и авиационной техники (РК и АТ) необходимо исключить механические информативные и неинформативные изгибы волоконно-оптического кабеля (ВОК). Это возможно только в ВОД с открытым оптическим каналом, и в частности отражательного или аттенуаторного типов [2, 3]. Именно данный подход реализуется в разрабатываемых ВОД.

Определено, что эффективным мероприятием по обеспечению прочности оптических волокон (ОВ) представляются контрольные испытания ОВ в процессе сборки ВОК, которые заключаются в том, что каждый кусок ОВ подвергается кратковременному воздействию растягивающих нагрузок. Растягивающая нагрузка рассчитывается таким образом, чтобы деформация ОВ не превысила 1 %. Отрезки ОВ, которые разрушились при испытаниях или прозрачность которых изменилась, отбрасываются.

Чтобы исключить влияние неинформативных механических воздействий необходимо на этапе изготовления ВОД:

- 1) использовать приспособление, обеспечивающее жесткое крепление обоих концов кабеля относительно корпусов измерительного и промежуточного преобразователей. Сам кабель в виде бухты должен жестко крепиться в нескольких местах на приспособлении (рис. 1);
- 2) удлинить жесткую часть корпуса со стороны кабеля таким образом, чтобы зона заливки клеем оказалась внутри корпуса (там, где отсутствуют вышеперечисленные механические воздействия, а место стыковки кабеля и корпуса заливать упругим герметиком, не снижающим гибкость ОВ в жгуте. В этой зоне ОВ не должны заливаться клеем;
- 3) применить специальную конструкцию ВОК, предусматривающую существенное увеличение по длине металлических элементов крепления на торцах кабеля.

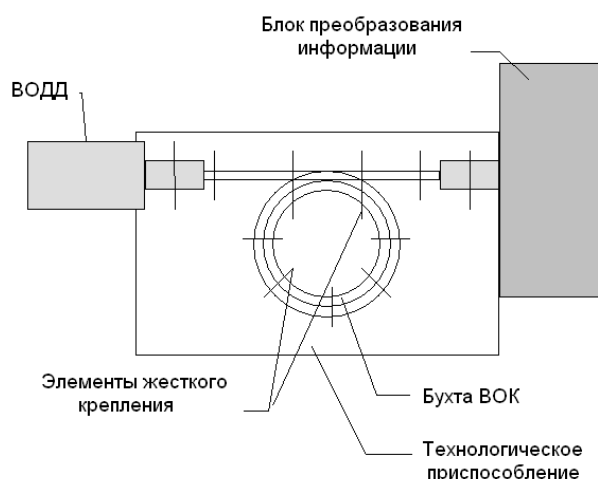


Рис. 1. Приспособление для крепления бухты волоконно-оптического кабеля в процессе изготовления ВОД

В первом случае полностью исключаются поломки из-за халатного обращения с ВОК. Но при проведении испытаний датчика на воздействие механических факторов трудно разместить данную сборку на приспособлении для испытаний из-за существенных габаритных размеров, кроме то-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 18-38-20045.

го, ставится под сомнение чистота эксперимента, так как значительно увеличена масса объекта, устанавливаемого на испытательное оборудование. Если в момент проведения испытаний снять датчик с технологического приспособления, то изменятся результаты настройки датчика из-за влияния на результат измерения изгиба кабеля. Поэтому более предпочтительны второй и третий варианты.

При выборе защитной трубки необходимо провести несложный предварительный эксперимент по определению надежности будущего кабеля. Для этого необходимо изготовить простейшие макеты кабеля и подвергнуть их воздействию различных механических факторов.

Сравнительную оценку проводить визуально с помощью микроскопа на наличие микротрещин в ОВ. Подобный эксперимент поможет существенно сократить материальные потери из-за поломки ВОК в уже готовом изделии.

При выборе трубки необходимо также учитывать и ее внутренний диаметр: чем ближе он к внешнему диаметру жгута, тем меньше возможность перемещения ОВ в ВОК под действием внешних механических воздействий и, соответственно, снижается вероятность их поломки. При сборке датчиков необходимо применять импульсную сварку с применением теплоотвода, причем место сварки необходимо конструктивно удалить от измерительной зоны.

При изготовлении унифицированной конструкции ВОК применяются следующие принципы:

- максимальная унификация конструкции ВОК, предназначенных для ВОД на разные диапазоны измерения, разного назначения и разного конструктивного исполнения;
- отсутствие изгибов ВОК в составе ВОД и в процессе измерения;
- непосредственная стыковка рабочих торцов ВОК с источником и приемниками излучения (свето- и фотодиодами);
- применение «кварц-кварцевых» ОВ, обеспечивающих применение ВОК в составе ВОД в условиях эксплуатации РК и АТ: при воздействии вибрации до 40g, ударов до 100g, температуры окружающей среды в диапазоне от минус 60 до + 200...500 °С;
- доступности рабочих торцов ВОК, закрепленных в специальных втулках, для полировки в составе кабельного изделия;
- возможность подстыковки заготовки ВОК к нестандартизированному оптическому тестеру для настройки оптико-механической системы ВОД.

С учетом данных принципов разработана конструкция и последовательность изготовления унифицированного ВОК для разрабатываемых ВОД (рис. 2–4).

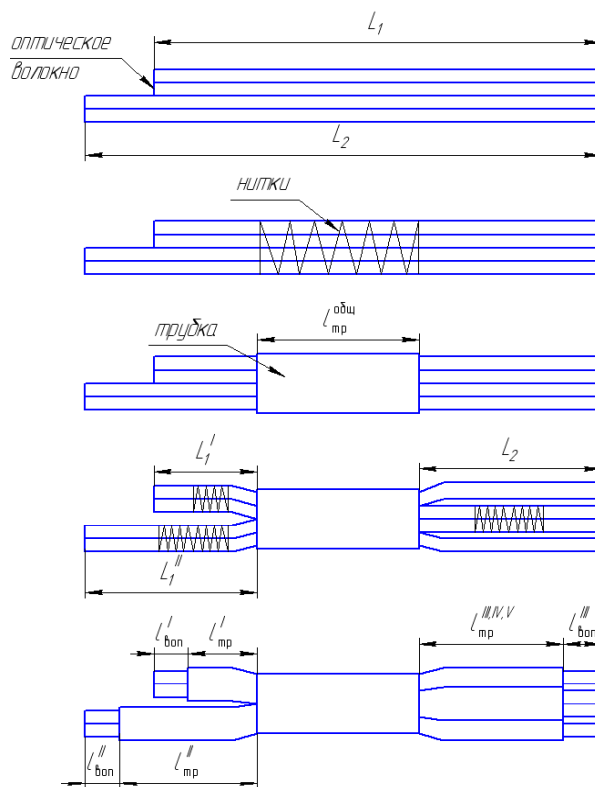


Рис. 2. Первый этап изготовления унифицированного ВОК для ВОД

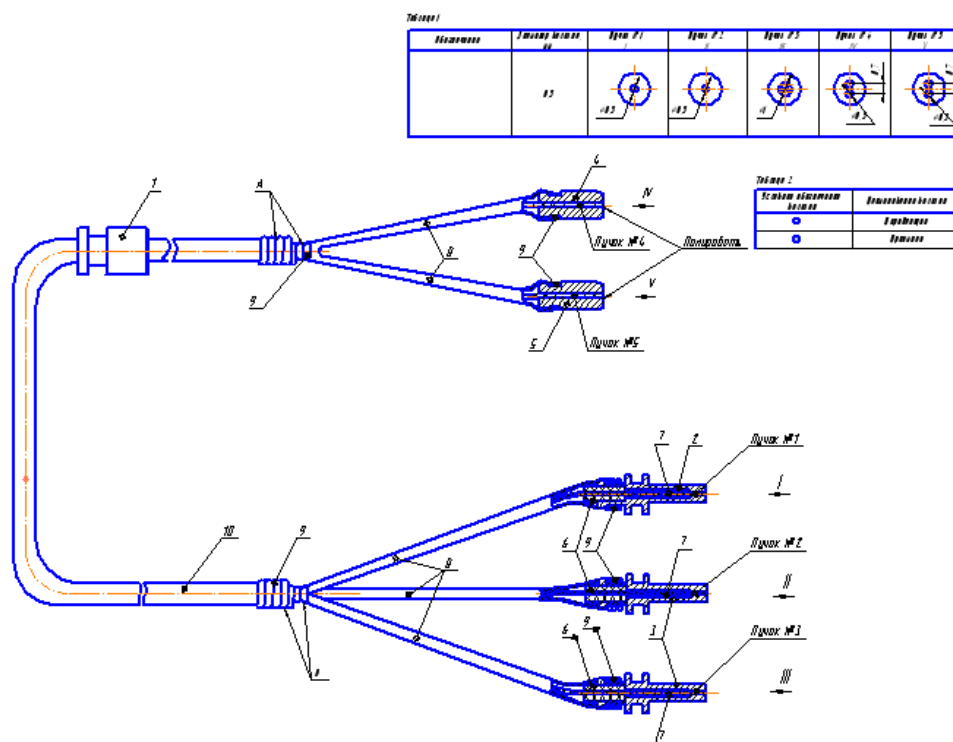


Рис. 3. Унифицированная конструкция ВОК: чертеж заготовки

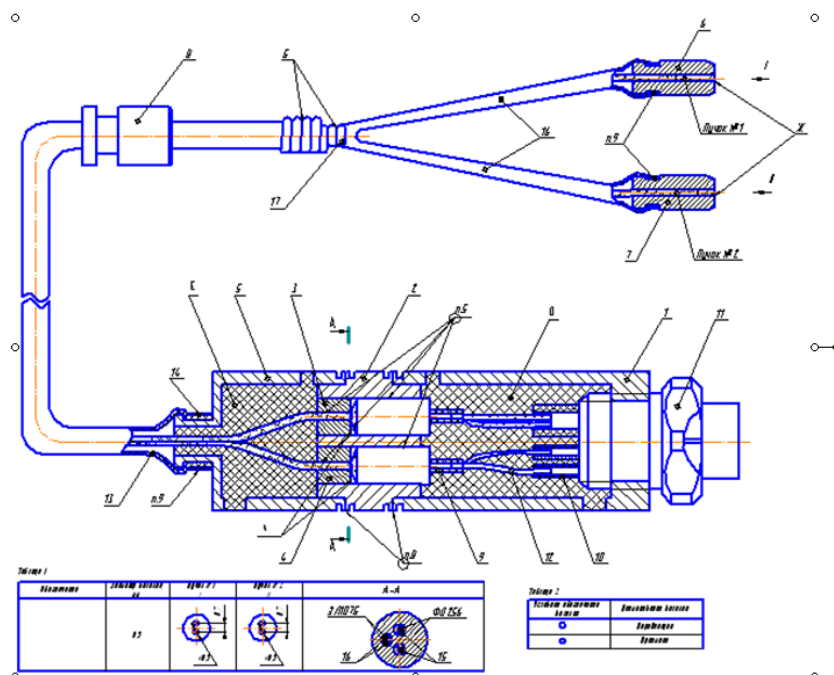


Рис. 4. Второй этап изготовления унифицированного ВОК для ВОД

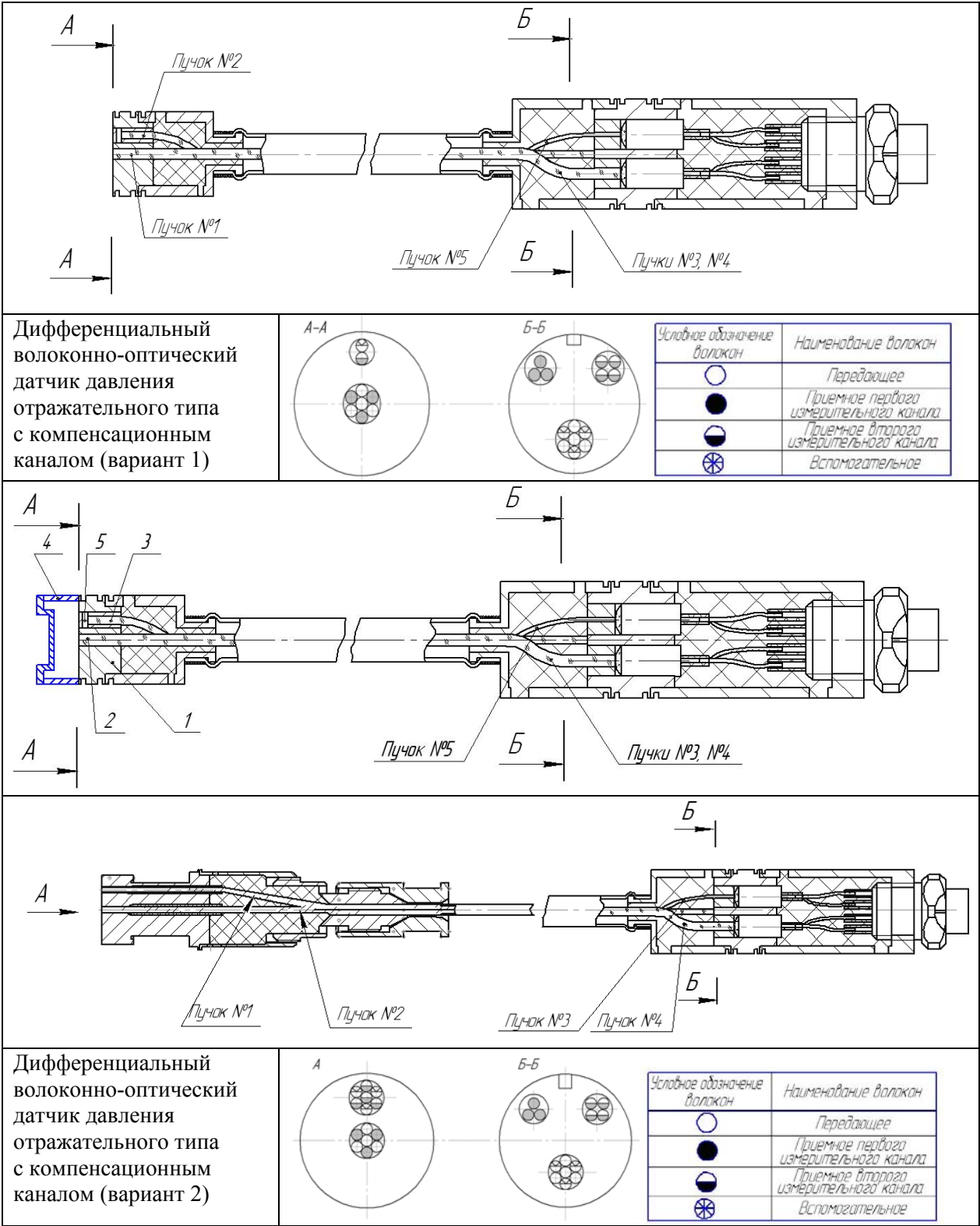
На первом этапе изготавливается заготовка ВОК (см. рис. 2 и 3). Выполняется предварительная нарезка оптических волокон, формируются пучки из оптических волокон, которые вклеиваются в технологические наконечники, полируются торцевые поверхности волокон.

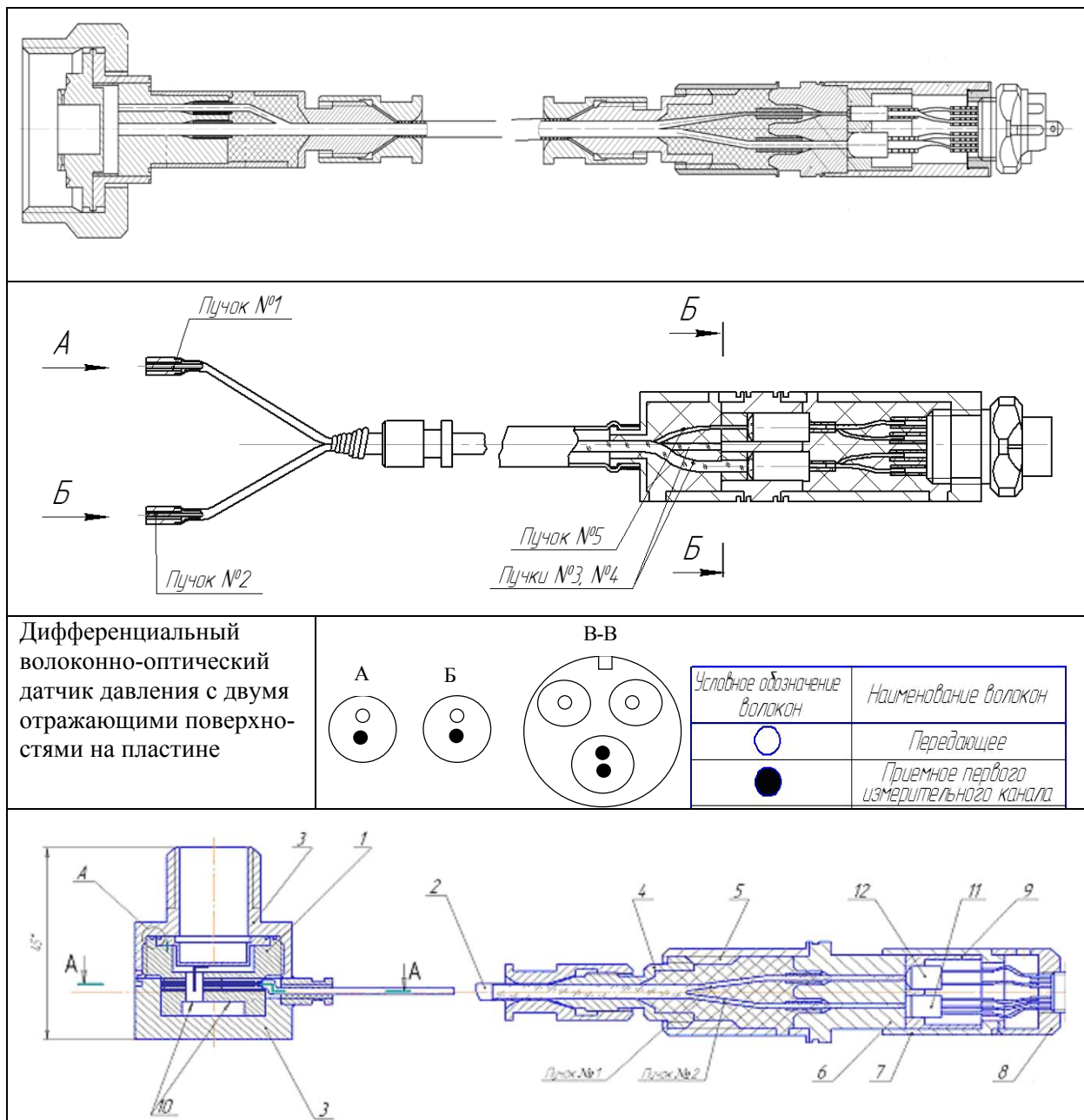
На втором этапе осуществляется сборка ВОК с согласующим устройством (СУ) (см. рис. 4). СУ представляет собой электрическую розетку, в корпусе которой расположены инфракрасный светодиод и фотодиоды первого и второго измерительных каналов.

В таблице показано, как используются унифицированные конструкции ВОК в разработанных ВОД, приведены примеры сборочных чертежей унифицированных конструкций воло-

конно-оптических кабелей, разработанных для ВОД с открытым оптическим каналом, в частности, для ВОД давления отражательного типа с компенсационным каналом и с двумя отражающими поверхностями на пластине. Эти же кабели могут быть использованы в ВОД линейных и угловых микроперемещений, деформации, силы, ускорений, аэродинамических углов, уровня и расхода жидкости и др.

Таблица – Унифицированная конструкция ВОК в разработанных ВОД с ООК





Выводы. Применение унифицированной конструкции ВОК обеспечивает технологичность конструкции и снижение стоимости ВОД в целом. ВОД с разработанными ВОК с успехом могут использоваться в жестких условиях РК и АТ, а также в других отраслях техники.

Библиографический список

1. Бадеева, Е. А. Анализ механической надежности волоконно-оптического кабеля для датчиков / Е. А. Бадеева, А. Г. Пивкин, А. В. Гориш // Информационно-измерительная техника, экология и мониторинг : науч. тр. – Вып. 6 (2003). – М. : Росавиакосмос : МГУЛ, 2003. – С. 243–254.