

УДК 621.001.24

С. Н. Храмов, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

## СТРУКТУРА РАСЧЕТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЕКТНЫХ И КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ

Процесс разработки сложных технических изделий осуществляется различными по составу и профессиональным компетенциям группами специалистов. Актуальной проблемой является организация их эффективного взаимодействия, что требует не только единообразного понимания конечной цели разработки, но и рациональной стыковки различных этапов. Наиболее сложными, как показывает практика, являются отношения конструкторов и расчетчиков. Причина этого очевидна: конструктор «набирает силу» многолетней практической работой, накопленным опытом, часто интуитивным видением вариантов возможных решений. Расчетчик, как правило, – молодой специалист, владеющий современными компьютерными технологиями, но при малом опыте работы, не всегда адекватно понимающий «прозрачные» для опытного конструктора особенности разрабатываемого изделия.

Поэтому конструкторы должны грамотно формулировать задачи расчетов, а расчетчики – макси-

мально использовать возможности компьютерных технологий, чтобы наглядно показать влияние обозначенных конструкторами значимых факторов на выходные параметры и характеристики разрабатываемого изделия. Совместное обсуждение поставленных конструкторами задач и полученных расчетчиками результатов – залог успешного решения конечной цели – разработки оптимального технического изделия.

Объектом анализа проектных, конструкторских и расчетных задач является конструкторская документация (КД), материализованная в чертежах и схемах, расчетных работах, содержащих таблицы и графики, пояснительной записке.

Предметная область включает три подобласти: описание объекта; моделирование объекта; расчет объекта.

На рис. 1 представлен пример структуры расчетного обеспечения разработки варианта системы наддува бака с жидкостью, расходуемой по произвольному закону [1].

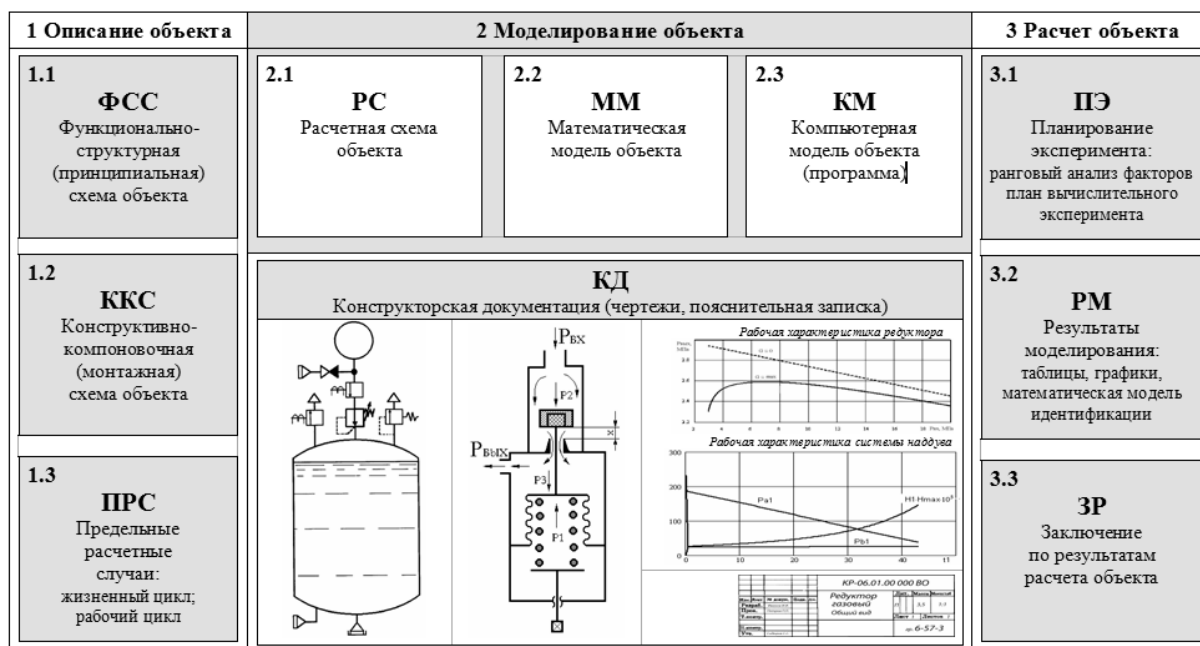


Рис. 1. Структура расчетного обеспечения проектно-конструкторской задачи

Область конструкторской документации (КД) содержит основную информацию об объекте разработки – пневмогидравлическую схему (ПГС) топливного бака, конструктивно-компоновочную схему редуктора давления, понижающего давление газа наддува от первоначально высокого давления в аккумуляторе

давления (АД) до требуемого давления в баке. Рассмотрим предметную область более детально.

### Описание объекта

Основной исполнитель – конструктор. Только он представляет объект в полном объеме, даже если еще не все элементы определены совокупностью пара-

метров (размеры, свойства, режимы и т. п.). Существующие стандарты (например, [2]) определяют последовательность и содержание этапов разработки технических изделий.

Общее представление об изделии дают схемы: структурная, функциональная, принципиальная [3].

*Схема структурная* – документ, определяющий основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи. Структурные схемы разрабатывают при проектировании сложных изделий на стадиях, предшествующих разработке схем других типов.

*Схема функциональная* – документ, разъясняющий процессы, протекающие в отдельных функциональных узлах или в изделии в целом. Функциональными схемами пользуются для изучения принципов работы изделий.

*Схема принципиальная* – документ, определяющий полный состав элементов и взаимосвязи между ними, дающий детальное представление о принципах работы изделия. Принципиальная схема служит основанием для разработки других конструкторских документов, например, схем соединений (монтажных) и чертежей. Для изделий, в состав которых входят гидравлические и газовые (пневматические) ма-

гистралы, арматура и элементы автоматики, в роли принципиальной схемы обычно выступает пневмогидравлическая схема (ПГС).

При разработке изделий средней сложности функции структурной и функциональной схем выполняет *функционально-структурная схема* (ФСС).

При разработке ФСС целесообразно выделить элементы, обеспечивающие взаимодействие основных потоков практически любой технической системы: *вещества* (расход рабочего тела); *силы* (энергии, мощности); *тепла* (тепловые потоки); *информации* (параметры системы, обратные связи, управляющие сигналы).

Структурная схема системы, обеспечивающей подачу жидкости из герметичного бака под давлением наддува, величина которого определяется настройкой редуктора давления, представлена на рис. 2. Ее достаточно для решения газодинамической части проектной задачи – определения объемов аккумулятора давления и газовой подушки в баке с жидкостью.

Функционирование системы обеспечивается дополнительными элементами, состав и взаимодействие которых отражается на функционально-структурной схеме (рис. 3). Для наглядности на ней сохранены номера элементов структурной схемы.



Рис. 2. Структурная схема системы подачи жидкости

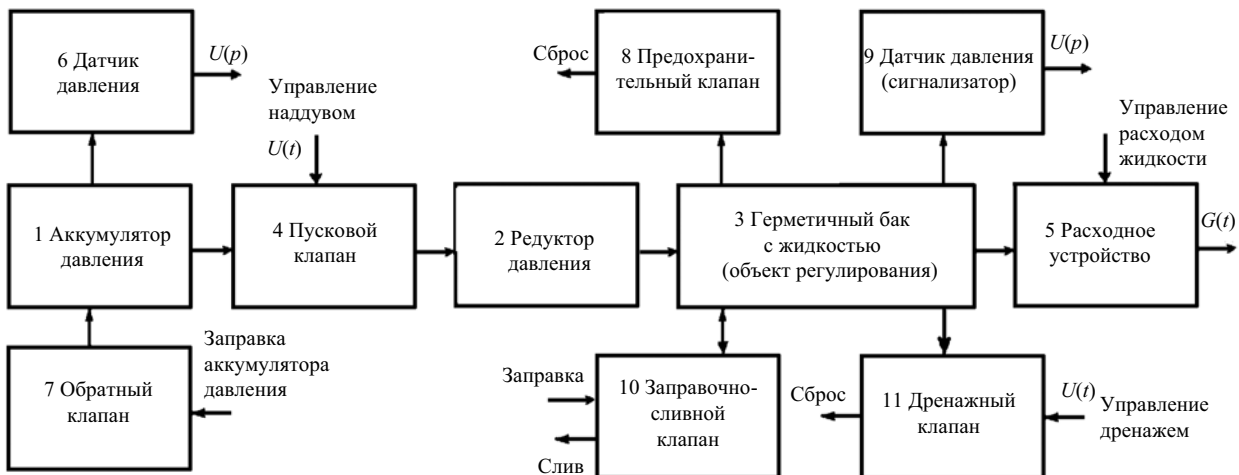


Рис. 3. Функционально-структурная схема автономной системы подачи жидкости

Ключевым звеном системы наддува является редуктор давления, механические элементы которого обеспечивают поддержание заданного давления в баке при изменении объема газовой полости за счет регулируемого по произвольному закону расхода жидкости.

ФСС редуктора представлена на рис. 4.

Элементы 1-2-3 – расходная часть устройства, обеспечивает прохождение рабочего тела (газа наддува) от источника (АД с меняющимся во времени

давлением) к объекту регулирования (бак с жидкостью, расходуемой по произвольному закону).

Элементы 7-2-4-5-6 – силовая часть устройства, обеспечивает положение регулирующего органа (клапана) относительно корпуса.

Информационная связь элементов 3-4 реализует обратную связь выходного параметра (давление в объекте регулирования) и чувствительного элемента, влияющего на положение регулирующего органа,

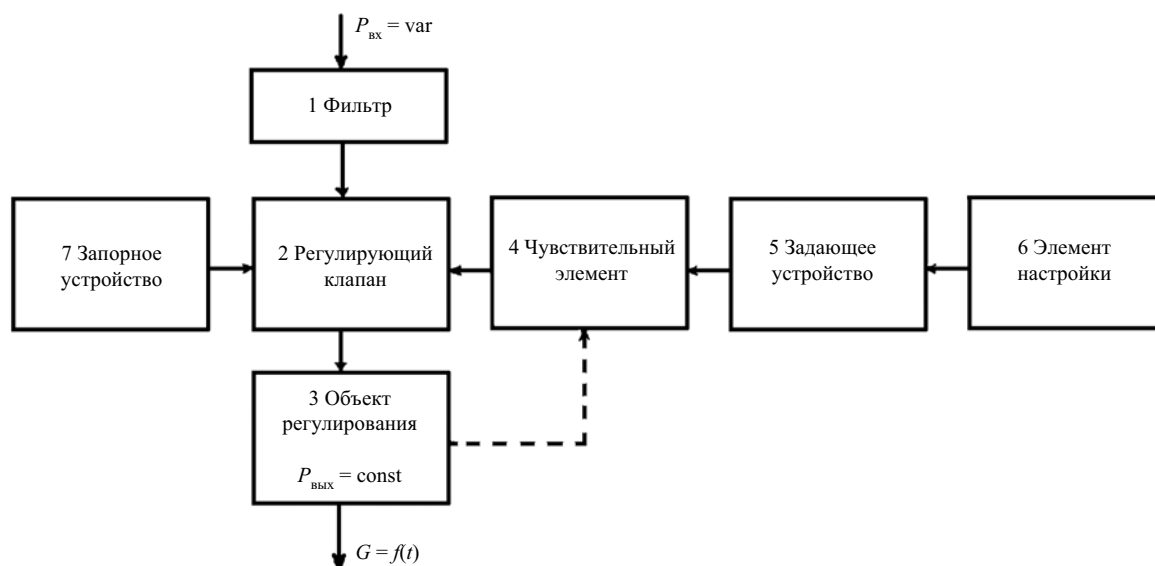


Рис. 4. Функционально-структурная схема редуктора давления

Взаимодействие отдельных элементов изделия, в том числе их пространственное размещение, отражает *конструктивно-компоновочная схема* (ККС). Для изделий, содержащих протяженные пространственные элементы (трубопроводы, кабели), разрабатывается монтажная схема.

На этапе выбора проектных параметров изделия (объемы бака и аккумулятора давления (АД), начальное давление в АД и т. п.) конструктивно-компоновочную схему (ККС) можно не разрабатывать. Но при детальной конструкторской проработке изделия разработка ККС обязательна.

Наиболее важными элементами описания объекта являются сформулированные *предельные расчетные случаи* (ПРС). Каждый ПРС – это критическое состояние объекта либо на этапе его *жизненного цикла* (от изготовления до окончания эксплуатации), либо на этапе *рабочего цикла* (от начала до окончания процесса функционирования).

Для технических устройств конкретного назначения (в данном случае это, например, редуктор давления) предметом анализа является, как правило, этап рабочего цикла – от начала процесса наддува до полного опорожнения бака. В качестве ПРС рассматриваемой системы могут быть, например, такие моменты:

- начало рабочего цикла – максимальное давление в АД, максимальный подъем регулирующего элемента, поджатие рабочей пружины задающего устройства определяется настройкой редуктора;
- момент начала движения регулирующего элемента;
- момент достижения заданного давления на выходе редуктора;
- момент полного опорожнения бака.

#### Моделирование объекта

Основной исполнитель – расчетчик. Однако реализовать свои профессиональные компетенции расчетчик может только после получения исчерпываю-

щей информации от конструктора по детальным описаниям всех ПРС.

Совместное рассмотрение конструктором и расчетчиком каждого ПРС позволяет составить адекватную ему *расчетную схему* (РС). Каждая РС – компромисс между желаниями конструктора и возможностями расчетчика. Рационально составленная РС – залог успешного решения задачи. Именно на этапе разработки РС выявляются возможные логические противоречия или недостаточность информации об изделии или этапах его жизненного (или рабочего) цикла, воздействии на него окружающей среды или других объектов. На этом же этапе выявляется возможность формального описания всех компонентов ПРС имеющимися в распоряжении расчетчика средствами (научными теориями, физическими законами, доступными компьютерными программами).

Разработка *математической модели* (ММ) объекта, соответствующей согласованной с конструктором РС, – компетенция расчетчика, подкрепленная опытом конструктора.

Законченная ММ – это записанная стандартными математическими операторами система дифференциальных уравнений, алгебраических зависимостей, констант, начальных и граничных условий. Обязательные элементы ММ – физические, химические, термодинамические, электрические, магнитные постоянные, свойства веществ и материалов, размерные и безразмерные параметры разрабатываемого изделия и т. п.

Адекватность ММ и РС проверяется стандартными процедурами по результатам тестовых расчетов (лучше, если они подкреплены данными экспериментов или расчетами других авторов).

Конечной целью моделирования объекта является разработка *компьютерной модели* (КМ). Простая ММ может быть реализована в КМ (компьютерной программе) самим расчетчиком, для программирования сложной ММ возможно привлечение профес-

сиональных программистов. Участие конструктора на этом этапе проявляется в согласовании входного (ввод исходных данных) и выходного (представление результатов) интерфейсов программы.

Исходный текст программы (листинг) с детальными комментариями и тестовым примером – конечный продукт этого этапа разработки изделия. Следует отметить, что каждой расчетной схеме может потребоваться самостоятельная программа.

#### Расчет объекта

Основной исполнитель – расчетчик. Но заказчиком расчетов является конструктор. Поэтому этот этап будет успешным только в случае их эффективного взаимодействия.

*Задачи конструктора.* Элементарные требования системного анализа и существующий стандарт [4] предполагают, что, во-первых, должна быть четко сформулирована *цель расчета* – выходная характеристика объекта (отклик), а также определен критерий, по которому будет оцениваться конечный результат.

Во-вторых, должны быть выделены *факторы* – переменные величины, влияющие на выходную характеристику. При детальном описании факторов должен быть указан *уровень фактора* (фиксированное значение фактора относительно начала отсчета) и *размах варьирования* (разность между максимальным и минимальным значениями фактора).

*Задачи расчетчика* в полной мере описаны в теории и методиках *планирования эксперимента*:

- установить *ранги факторов*, присвоив им порядковые номера, начиная с наиболее значимого, например, методом случайного баланса (МСБ);
- выбрать *план эксперимента* с учетом имеющихся ресурсов (как правило, это касается сроков решения задачи);

Получено 26.10.2015

– провести вычислительный эксперимент, используя разработанные компьютерные программы или доступные коммерческие продукты;

– обработать результаты вычислительных экспериментов (например, это будут регрессионные уравнения, описывающие зависимости выходных характеристик объекта от значимых факторов);

– определить значения факторов, соответствующих оптимальным значениям критериев, отражающих выходные характеристики объекта расчета;

– оформить результаты расчетов.

Завершением этого раздела работы является «Заключение по результатам расчета объекта», в котором фиксируются полученные результаты.

В отчетном научно-техническом документе (ОНТД) отражаются все этапы проделанной работы. Основу структуры ОНТД определяют требования стандарта [5]. Разделы 1–4 исполняет конструктор, разделы 5–7 – расчетчик.

Наиболее важный раздел ОНТД «Заключение» с рекомендациями по внесению изменений в разрабатываемое изделие оформляет, как правило, конструктор.

#### Библиографические ссылки

1. ГОСТ Р 53326–2009. Техника пожарная. Установки пожаротушения роботизированные. Общие технические требования. Методы испытаний.
2. ГОСТ РВ 15.203–2001 СРПП. ВТ. Порядок выполнения опытно-конструкторских работ по созданию изделий и их составных частей. Основные положения.
3. ГОСТ 2.701–2008 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
4. ГОСТ 24026–80. Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения.
5. ГОСТ 2.106–96. ЕСКД. Текстовые документы.

УДК 623.442.4

М. В. Байметов, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

## АВТОМАТИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ ОТДАЧИ ВСЕГО ОРУЖИЯ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ

**В** 1904 г. инженером А. Шьёгреном (Sjogren) было создано и начало выпускаться на оружейном заводе фирмы «Гускварна» (Husqvarna) в Швеции самозарядное охотничье ружье с неподвижным стволом, в котором для перезарядки использовалась отдача оружия и уникальный механизм затворной группы, состоящей из остова затвора и затвора, связанных между собой через пружину.

Принцип действия автоматики ружья Шьёгрена представлен на рис. 1. При выстреле пружина кинетически накапливает энергию под действием затвора,

стремящегося по инерции остаться на месте. При разжатии пружины происходит отпирание затвора. В дальнейшем под действием оставшихся пороховых газов обеспечивается перезарядка оружия.

Спустя полвека после Шьёгрена, в 1965 г., самозарядное ружье новой конструкции с автоматикой, действующей от отдачи всего оружия, и оригинальной затворной группой сконструировал итальянский оружейник Бруно Чиволани из города Болонья.

Самозарядные ружья с новой необычной конструкцией появились под маркой Benelli и получили обозначение Benelli 121. Данные ружья имели изы-