

УДК 681.5

КВАЛИФИКАЦИЯ, ВЕРИФИКАЦИЯ И ВАЛИДАЦИЯ

АГАФОНОВ С.А., КУЗНЕЦОВ А.Н., ОСТАНИН С.М.

АО «РАСУ»

(Москва, Российская Федерация)

Аннотация. В данной статье описываются методы квалификации, верификации и валидации АСУ ТП в рамках работ АО «РАСУ» согласно собственному процессу ВиВ. Схема процесса представлена на рис. 1.

Ключевые слова: верификация, валидация, квалификация, ПКТД, видеокадр СВУ, ППО ПТК, требования, идентификатор, план, АСУ ТП, ТЗА.

QUALIFICATION, VERIFICATION AND VALIDATION

S.A. AGAFONOV, A.N. KUZNETSOV, S.M. OSTANIN JSC RASU

(Moscow, Russian Federation)

Abstract. This article describes the methods of I&C qualification, verification and validation within the framework of the work of JSC RASU according to its own V&V process. A diagram of the process is presented in picture 1.

Keywords: verification, validation, qualification, DETD, videoframes of Upper-level system, I&C system application software, requirements, identifier, plan, I&C, SRA.

На рис. 1 приведена схема процессов квалификации, верификации и валидации.

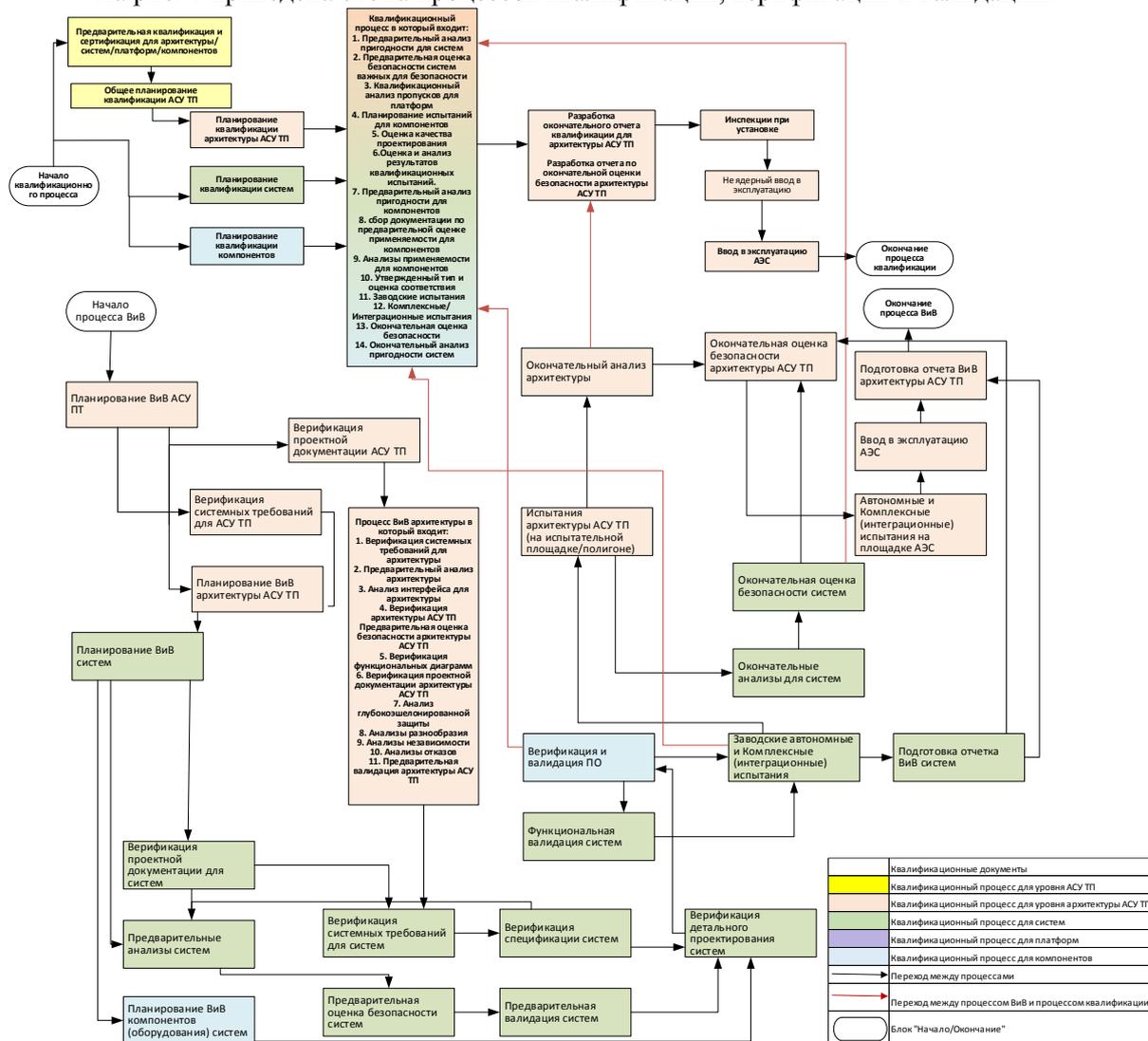


Рис. 1. Схема процессов квалификации, верификации и валидации

Квалификация АСУ ТП

Как видно из схемы процесса одним из важнейших этапов разработки АСУ ТП является квалификация, который идет параллельно этапам верификацией и валидацией и тесно с ними связан.

Под **квалификацией** подразумевается процесс определения соответствия системы или компонентов эксплуатационным условиям. Квалификация осуществляется для установления соответствия определенного класса системы контроля и управления определенному набору квалификационных требований.

На начальном этапе квалификации выполняется планирование квалификации архитектуры АСУ ТП, планирование квалификации систем, а также планирование квалификации компонентов.

После проведения всех действий квалификационного процесса разрабатывается окончательный отчет квалификации для архитектуры АСУ ТП, а также отчет, по окончательной оценке, безопасности архитектуры АСУ ТП, после которых проводится инспекции по установке и ввод в эксплуатацию АЭС.

Далее на схеме процесса видно, что следующими этапами являются верификация и валидация (ВиВ) которые также являются важными стадиями разработки АСУ ТП.

Под **верификацией** подразумевается процесс проверки выполнения на каждом этапе разработки цифровой компьютерной системы всех требований, накладываемых предыдущим этапом.

Под **валидацией** подразумевается процесс подтверждение на основе представления объективных свидетельств того, что требования, предназначенные для конкретного использования или применения, выполнены.

На этапах верификации и валидации (ВиВ) началом процесса является планирование ВиВ АСУ ТП которое разделяется на планирование ВиВ архитектуры АСУ ТП, верификацию системных требований для АСУ ТП, верификацию проектной документации АСУ ТП, а также планирование ВиВ систем.

Одним из важных подразделов Планирования ВиВ систем является верификация проектной документации для систем, которую рассмотрим подробно. В данную верификацию входит верификация проектно-конструкторской технической документации (ПКТД) и техническое задание на автоматизацию (ТЗА).

Верификация ПКТД

Проведение работ по анализу ПКТД осуществляется в соответствии с Техническим заданием на оказание услуг по теме «Оказание консультационных услуг по проектной документации АСУ ТП для энергоблоков атомной станции» и «Общим планом верификации и валидации для АСУ ТП».

Целью проведения анализа ПКТД, разработанной на стадии проектирования АСУ ТП является обеспечение соответствия выходных данных проектирования и разработки (разработанного ПКТД) исходным данным к проектированию и разработке, в том числе оценка применимости и возможности использования в существующих проектных решениях.

Критериями соответствия разработанной ПКТД исходным данным является проверка на адекватность, проверка на внутреннюю согласованность, проверка на соответствие исходным данным, проверка на применимость, а также проверка на возможность использования существующих решений.

Критерием успешности анализа проектной, конструкторской, технической документации является условие: проектные решения, содержащиеся в ПКТД, разработаны в соответствии с исходными данными и являются однозначными, непротиворечивыми, полными и прослеживаемыми, а также применимыми в проекте.

Результаты анализа ПКТД оформляются в Отчете об анализе ПКТД (далее - Отчет).

Отчет об анализе ПКТД включает в себя сведения об объекте анализа (полное наименование, обозначение, номер ревизии/изменения ПКТД), дату проведения анализа, список исполнителей, проводивших анализ, сведения об отчете анализа, цель анализа, перечень проверок, объем проверок, сведения об исходных данных, сводка замечаний по результатам

анализа, в которой отражены, перечень замечаний и связанные с ними предложения по коррекции замечаний, результаты взаимодействия с разработчиком по устранению замечаний.

Отчет об анализе ПКТД должен быть идентифицирован: присвоено обозначение Отчета, указана дата составления Отчета. Каждому Отчету присваивается уникальное обозначение. После того как будет проведен анализ всех документов, отчеты об анализе передаются ГИПу от Заказчика.

Верификация ТЗА

Целью проведения мероприятий по верификации Технологические задания на автоматизацию (далее ТЗА) является подтверждение взаимного соответствия объектов, входящих в состав ТЗА, а также подтверждение соответствия ТЗА функциям технологической системы АСУ ТП, заявленным в проекте.

Объектами верификации являются Технологические задания на автоматизацию подсистем АСУ ТП, в состав которого входят технологические алгоритмы (алгоритмы ТЗБиС), технологические схемы (P&I-диаграммы технологических схем), технологическое задание на запорную арматуру (ТЗ на запорную арматуру), технологическое задание на регулируемую арматуру (ТЗ на рег. арматуру), технологическое задание на регуляторы (ТЗ на регуляторы), технологическое задание на точки теплотехнического контроля (ТЗ на точки контроля), технологическое задание на точки радиационного контроля (ТЗ на точки радиационного контроля), технологическое задание на перечень арматуры (ТЗ «перечень арматуры»), технологическое задание на механизмы (ТЗ на механизмы), технологическое задание на сигналы (ТЗ «перечень сигналов»), а также технологическое задание на перечень алгоритмов (ТЗ «перечень алгоритмов»).

При верификации ТЗА применяются метод анализа, который определяет пригодность, адекватность и результативность объекта для достижения заданных целей; метод экспертизы, который позволяет рассмотреть, исследовать какие-либо вопросы, решение которых требует специальных знаний. Тип работы со знаниями направлен на применение уже имеющихся знаний для подготовки и принятия решений.

Верификация ТЗА считается завершенной успешно если объем работ (тип проверок) применительно к верификации технологических заданий на автоматизацию выполнен полностью, замечания к ТЗА, выявленные при верификации, устранены или обосновано сняты, проведена повторная верификация после устранения замечаний, оформлен «Отчёт о верификации ТЗА».

Также более подробно рассмотрим верификацию прикладного программного обеспечения (ППО), в которую входит верификация видеокadres систем верхнего уровня (СВУ) и верификация ППО программно-технического комплекса (ПТК).

Верификация видеокadres СВУ

Целью проведения верификации видеокadres СВУ является подтверждение соответствия видеокadres требованиям, определенным в исходных данных для разработки, а также подтверждение корректности представленной информации.

При верификации видеокadres СВУ применяется метод статического анализа, который заключается в применении SQL запросов к информации, размещенной на видеокадрах и метод экспертизы, который позволяет визуально проверить видеокادر.

В зависимости от исходных данных, по которым были разработаны видеокadres, проводятся проверки на соответствие ЗЗИ на видеокadres; на соответствие ТЗ на разработку видеокadres; на наличия сигналов, реализованных на видеокадрах, в РБД СВУ; на соответствие технологическим схемам по полноте и размещению элементов; на корректность отображения технологических параметров, в том числе цветовой кодировки; проводится анализ видеокadres на удобочитаемость, информативность и единство предоставления информации, а также проводится сравнительный анализ видеокadres энергоблоков-аналогов.

Верификация видеокadres считается завершенной успешно если работы и операции, выполнены полностью для всех типов видеокadres; выполнены требования, определенные в исходных данных; устранены или обоснованно сняты замечания и несоответствия к

видеокадрам и исходным данным; проведена повторная верификация после устранения замечаний и несоответствий; новых замечаний не выявлено; оформлен отчет о верификации видеокадров.

После всей проделанной работы отчет передается в департамент СВУ для установки ВК на энергоблок АЭС.

Верификация ППО ПТК

Целью проведения верификации ППО ПТК является подтверждения соответствия ППО ПТК исходным данным для разработки, а также подтверждения работоспособности ППО и корректности выполнения основных функций ПТК на математической модели ППО.

При верификации ППО ПТК применяются метод экспертизы который заключается в визуальной проверке алгоритмов, реализованных в модуле МРТА САПР АРИУС, на соответствие алгоритмов ТЗБиС (состав входных и выходных сигналов / команд ТА, логика обработки сигналов); метод статического тестирования, который заключается в тестировании алгоритмов на математической модели. Тестирование проводится как отдельно для каждого алгоритма, так и для нескольких алгоритмов связанных между собой с помощью средств моделирования, встроенных в МРПО САПР АРИУС и метод статического анализа, который заключается в применении SQL запросов к данным ППО ПТК, представленным в табличной форме (перечни сигналов, настроечные параметры и т.д.).

Верификация прикладной структуры считается завершенной успешно если работы и операции, выполнены полностью; все замечания к ППО, выявленные при верификации, устранены или обоснованно сняты; проведена повторная верификация в объеме изменений после устранения замечаний и несоответствий; новых замечаний не выявлено, оформлен отчет о верификации ППО ПТК.

После проделанной работы отчет передается на Энергоблок АЭС для установки ППО ПТК на оборудование.

Валидация АСУ ТП

В процесс валидации АСУ ТП включаются заводские автономные испытания АСУ ТП; автономные испытания АСУ ТП на площадке АЭС; комплексные (интеграционные) испытания межсистемного интерфейса связи СВУ и смежных систем АСУ ТП на полигоне завода-изготовителя и площадке АЭС.

Заводские автономные испытания АСУ ТП

Заводские автономные испытания на полигоне завода-изготовителя проводятся для подтверждения функционирования разработанного оборудования, в соответствии с требованиями спецификации требований к системам АСУ ТП.

Валидация АСУ ТП проводится для того, чтобы показать, что система соответствует всем положениям спецификации требований к системе и установленному программному обеспечению.

Проверки осуществляются согласно программам и методикам, разработанным на этапе «Рабочий проект». В программах и методиках испытаний содержатся требования по комплектности

испытываемой системы, перечни, виды и условия тестирования, спецификация требований, подлежащих тестированию, методы тестирования, критерии успешности испытаний.

Виды и методы проводимых тестов уточняются конкретно для каждой системы АСУ ТП, а также определяются инструменты валидации.

Результаты тестов, проведенных согласно программам и методикам испытаний, документируются, фиксируются замечания по несоответствиям. Результаты валидации АСУ ТП, с описанием проведенных работ, включаются в отчет о валидации.

К отчету прилагаются результаты проведения валидации, а именно, обнаруженные несоответствия и запланированные мероприятия по их устранению.

В протоколах по результатам испытаний систем АСУ ТП, дается заключение о соответствии основных характеристик систем АСУ ТП требованиям спецификации требований к системам АСУ ТП и указываются выявленные при испытаниях замечания.

Автономные испытания АСУ ТП на площадке АЭС

Автономные испытания АСУ ТП - испытания (тесты), проводимые с целью определения возможности допуска частей (подсистем) АСУ ТП к комплексным испытаниям по мере их готовности к опытной эксплуатации, обеспечивающие полную проверку функций и процедур в соответствии с программой и методикой, согласованных с заинтересованными организациями, проверку основных временных характеристик функционирования программных средств, надежности и устойчивости функционирования программных и технических средств.

Входными данными являются акты монтажа, акт проведения испытаний при приемке, программы и методики автономных испытаний систем АСУ ТП, а также рабочая конструкторская и эксплуатационная документация на системы АСУ ТП.

При валидации необходимо подтвердить, что система АСУ ТП функционирует в соответствии с требованиями, содержащимися в программах и методиках автономных испытаний систем АСУ ТП.

Выходными данными являются акты и протоколы проверок о выполнении программы автономных испытаний и отчетные документы.

Комплексные (интеграционные) испытания межсистемного интерфейса связи СВУ и смежных систем АСУ ТП на полигоне завода-изготовителя и площадке АЭС

Комплексные (интеграционные) испытания межсистемного интерфейса связи СВУ и смежных систем АСУ ТП – комплекс работ по проверке функционирования межсистемного интерфейса связи оборудования системы верхнего уровня (СВУ) и интегрируемой системы АСУ ТП, а также проверке функционирования программного обеспечения шлюза связи интегрируемой подсистемы АСУ ТП, проводимый на полигоне завода-изготовителя и площадке АЭС с целью подтверждения выполнения требований нормативных документов, заводской и проектно-конструкторской документации к полноте и качеству межсистемного обмена данными и необходимый для обеспечения проведения дальнейших пусконаладочных работ оборудования АСУ ТП.

Входными данными является спецификация комплексные (интеграционные) испытания АСУ ТП, программа и методика комплексные (интеграционные) испытания систем АСУ ТП, рабочая конструкторская и эксплуатационная документация на системы АСУ ТП.

При валидации необходимо подтвердить, что проведены комплексные (интеграционные) испытания систем АСУ ТП; проведена валидация результатов комплексные (интеграционные) испытания (оформлена и подписана документация, подтверждающая правильное проведение комплексные (интеграционные) испытания систем АСУ ТП).

Выходными данными являются результаты комплексные (интеграционные) испытания АСУ ТП, которые оформляются актами приемки межсистемного интерфейса сопряжения систем АСУ ТП в опытную эксплуатацию каждой интегрируемой системы АСУ ТП и отчетные документы.

Результаты и их обсуждение

В данной статье описаны методы квалификации, верификации и валидации АСУ ТП согласно процессу, разработанному АО «РАСУ». Этот процедура является инструкцией для специалистов, занимающихся экспертным анализом, статическим анализом и статическим тестированием, а также валидацией АСУ ТП.

Процесс верификации документов регулярно обновляются с учетом полученного опыта и нововведений в области проектирования АСУ ТП. Проблемой в данной области по-прежнему остается трудоемкость, так как верификация документа экспертным анализом занимает достаточно большое время. Но мы разработали несколько полезных программ для автоматизации процесса. Эти программы проверяют документ на нормоконтроль, содержание

(наличие необходимых разделов документа), наличие идентификаторов требований и т.д. - в целом на все, что не требует глубокой экспертизы.

Также для верификации видеокадров СВУ или ППО ПТК для каждого метода используют средства, разработанные в АО «РАСУ», например, для верификации видеокадров методом экспертизы» используется ПО ПОРТАЛ, которое обеспечивает визуальное представление состояния контролируемого объекта. Для автоматизации проверок при методе статического анализа используется модуль верификации прикладного ПО в части видеокадров, который обеспечивает автоматизированное считывание в СУБД содержимого SVG-файлов видеокадров, РБД и прочих исходных данных, автоматизированное сравнение загруженных данных, а также анализ этих данных при помощи SQL запросов. При верификации ППО ПТК методом экспертизы используется модуль разработки технологических алгоритмов в составе САПР «АРИУС». Данный модуль предназначен для автоматизированной разработки технологических алгоритмов в формализованном графическом виде и верификации разработанных алгоритмов. Для метода статического тестирования используется модуль разработки задания на ППО в составе САПР «АРИУС». Модуль обеспечивает навигацию, предназначенную для оперативного перехода к необходимым листам функциональных планов, имитацию сигналов датчиков, имитацию срабатывания сигнализации (сигналов превышения уставок), имитацию исполнительных механизмов (вентилей запорных, регулирующих клапанов, секционных выключателей и др.), автоматизированное сравнение версий функциональных планов. Для автоматизации проверок при методе статического анализа используется модуль верификации прикладного ПО. Модуль обеспечивает автоматизированное считывание в СУБД содержимого БД ЗЗИ ПТК и резервных копий ППО, автоматизированное сравнение и анализ считанных данных при помощи SQL запросов, а также автоматизированное формирование журналов замечаний.

При проведении валидации АСУ ТП используются имитаторы исполнительных механизмов (запорной арматуры, регулирующих клапанов, двигателей, соленоидных клапанов), имитаторы каналов ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов, программатор программно-технического средства (ПТС).

Все эти средства позволяют быстро, а главное качественно выполнять верификацию и валидацию АСУ ТП.

Также стоит отметить, что данные методы и используемые средства для проведенных проверок и испытаний по верификации и валидации АСУ ТП были успешно применены для пуска Белорусской АЭС э\б 1,2; Ленинградской АЭС-2 э\б 1,2 и Нововоронежкой АЭС-2 э\б 1,2, а также при модернизации Калининской АЭС э\б 1 и Ростовской АЭС э\б 1.

Заключение

Верификация, квалификация и валидация – важные этапы жизненного цикла АСУ ТП. Наша сфера деятельности связана с безопасностью работы атомной станции, и цена ошибки очень высока. Именно поэтому необходимо наращивать опыт, расширять кругозор и совершенствовать данный процесс АСУ ТП.