

**ИЗЫСКАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ,
СТРОИТЕЛЬСТВО И МОНТАЖ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

УДК 621.311.25:621.039.5

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ
И РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АЭС**

© 2015 В.Г. Бекетов*, А.Н. Шкуриндин, И.Н. Шкуриндин****

* *Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

** *Машиностроительное предприятие ООО «Полесье», Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

Авторами статьи рассматривается взаимодействие процессов работы конструкторского и технологического отделов внутри предприятия при разработке сопроводительной документации на теплообменные аппараты. При анализе этих процессов были определены недостатки и предложен улучшенный процесс проектирования и технологической подготовки производства с использованием методологии структурного анализа (SADT). Возможности методологии SADT можно использовать для совершенствования планирования процессов проектирования и выпуска продукции для атомной отрасли, что улучшает качество оборудования и повышает безопасность при эксплуатации энергоблоков АЭС. Комплексный характер методологии позволяет быстро окупить затраты на ее сопровождение и выйти на новый уровень показателей качества.

Нашей целью является разработка предложений по совершенствованию управления процессами при проектировании и технологической подготовке производства на ООО «Полесье» для достижения которой необходимо решить следующие задачи:

- построение функциональной модели существующих процессов;
- построение модернизированной модели;
- разработка мероприятий по совершенствованию системы управления производством продукции предприятия.

В результате декомпозиции функциональных блоков разрабатываемой модели и определения потоков данных, процесс разработки проекта (в данном случае – конструирования оборудования АЭС) и технологической подготовки производства значительно упростится, что приведет к повышению производительности труда и сокращению затрачиваемого времени и, в итоге, к повышению эффективности работы предприятия.

Ключевые слова: виртуальное моделирование, работа конструкторского отдела, технологические процессы, теплообменные процессы, теплообменное оборудование.

Поступила в редакцию 18.12.2015 г.

Повышение качества проектирования и снижение трудоемкости изготовления проектно-сметной документации в настоящее время связано с расширением применения систем автоматизированного проектирования, ориентированных как на решение отдельных проектных задач, так и на выпуск проектных документов.

Проведение научных исследований в области структурного моделирования процессов связано с ростом разработок, при создании которых требуется построение сложных структур процессов автоматизированного проектирования, отражающих отношения между структурными частями объекта заданного класса и проектными процедурами и операциями.

В решении задач, стоящих перед структурным моделированием процессов, рассматриваемых как сложные системы с несимметричными отношениями между

элементами в виде ориентированных графов, важное значение имеет анализ структуры процесса на наличие замкнутых частей, упорядочение элементов процесса по уровням, определяющим последовательность выполнения элементов, организация процесса в нескольких уровнях вложенности, что позволяет разрабатывать структуру процесса по частям. Это делает необходимым исследование свойств структурной модели процесса, построение адекватно заменяющей формализованной конструкции и определение ее преобразований.

Технологические процессы отличаются высокой трудоемкостью и длительностью производственного цикла изготовления узлов, деталей и машин.

Применение сложной техники, изготовление и разработка наукоемкой продукции обусловили необходимость предъявления повышенных требований к уровню профессиональной подготовки инженерных кадров. Это позволяет выпускать продукцию, в которой материализуются технические, технологические, информационные, организационные, экономические инновации, позволяющие обеспечить выпуск конкурентоспособной продукции [4].

Технико-экономические показатели теплообменных аппаратов всех типов: конденсаторов, испарителей, охладителей, экономайзеров, радиаторов и т.д., и назначений определяются уровнем обоснованности решений при проектировании конструкций макро- и микроструктуры поверхностей теплообмена. Важными факторами эксплуатации теплообменных аппаратов являются долговечность, технологичность и эффективность.

Подготовка производства имеет следующие основные особенности [2]:

- большой объем работ;
- большая трудоемкость, определяемая высокой сложностью задач;
- низкая степень формализации проектных процедур;
- многовариантность технологических решений;
- разнообразие видов технологического проектирования;
- существенное влияние на качество машины.

Для разработки модели используется среда BPWinProcessModeler (BPwin), которая позволяет строить диаграммы, соответствующие методологии структурного анализа (SADT), в нескольких нотациях.

Препятствиями для широкого распространения SADT систем в отечественном машиностроении являются: их высокая начальная стоимость, высокая стоимость обучения, переобучения и повышения квалификации персонала, необходимость поддержания в рабочем состоянии дорогих аппаратных средств, необходимость технической поддержки и сопровождения систем. Выходом из создавшегося положения может быть создание виртуальных предприятий – региональных проблемных лабораторий. Создание подобных лабораторий соответствует концепциям развития отечественного машиностроения в современных условиях [1].

Система состоит из комбинации функциональных блоков, преобразующих входные потоки данных в выходные. Они имеют управляющие воздействия, которые определяют, когда и как преобразование должно осуществляться, а также объектов, которые осуществляют преобразование.

На концептуальном (верхнем) уровне система подготовки производства представляется в виде единого функционального блока. Диаграмма отражает порядок работы конструкторского и технологического отделов, как отдельного звена производственной цепочки жизненного цикла изделия.

После этого производится последовательная декомпозиция функциональных блоков (процессов) на более мелкие процессы, с указанием потоков данных, связывающих их. Соответствующие диаграммы первого уровня декомпозиции приведены на рисунках 1 и 2.

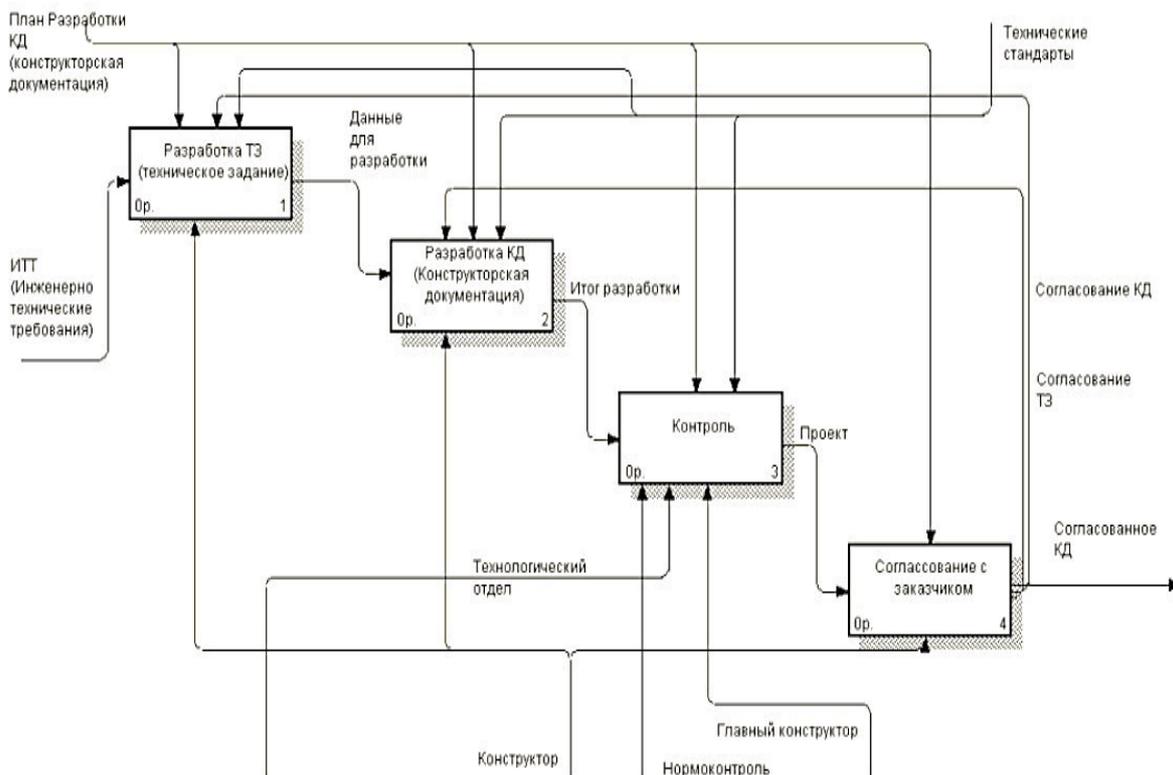


Рис. 1. – Первый уровень модели – разработка конструкторской документации

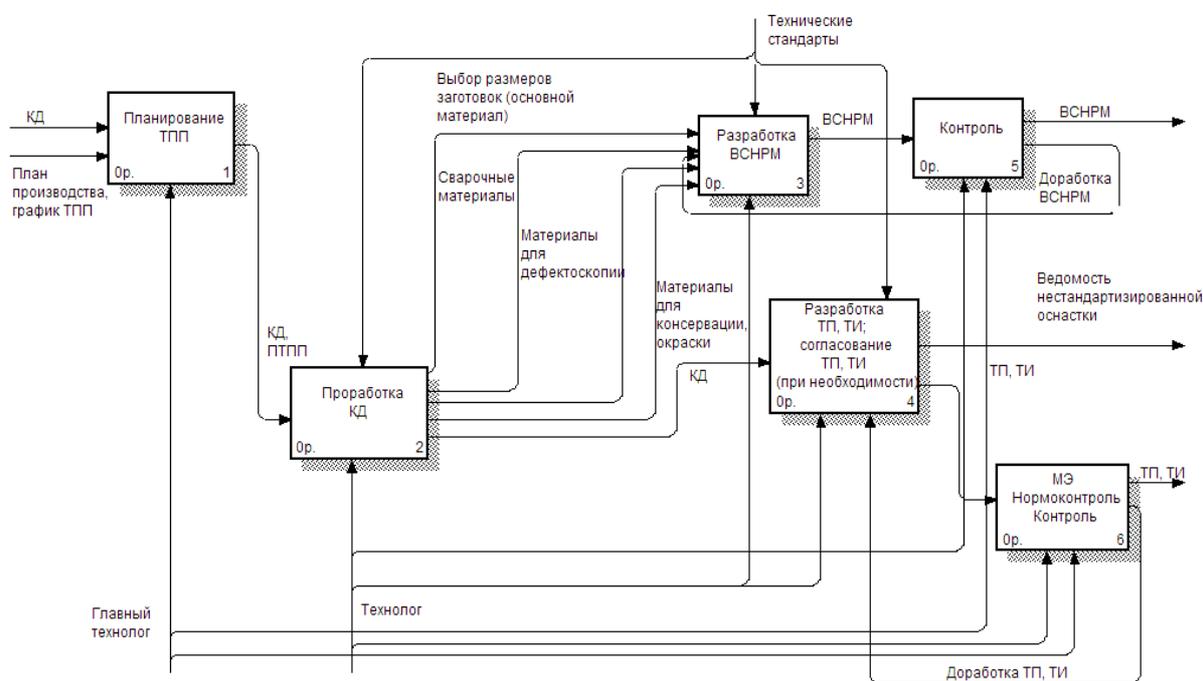


Рис. 2. – Первый уровень модели – разработка технологической документации

Проанализировав данный уровень модели можно убедиться в возможности улучшения технологической документации обратными связями (в блоках «Контроль» и «Нормоконтроль»). Каждый из основных функциональных блоков первого уровня может быть, в свою очередь, декомпозирован. Соответствующие диаграммы второго уровня приведены на рисунках 3–4.

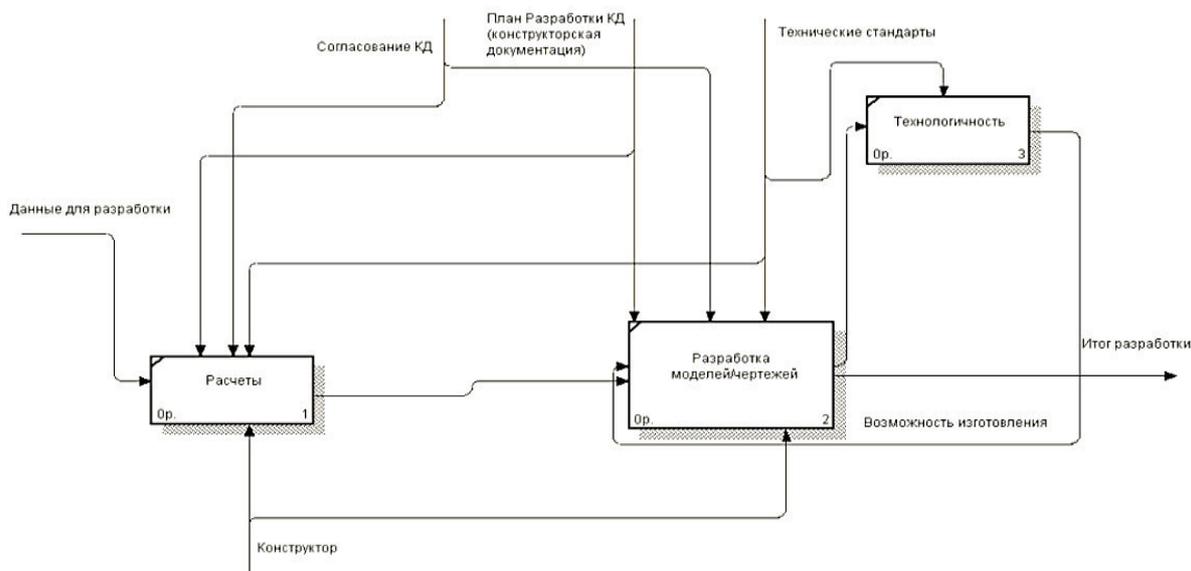


Рис. 3. – Второй уровень модели – декомпозиция блока «Разработка конструкторской документации (КД)»

На данном этапе происходит последовательная разработка документации.

Второй уровень модели «Проработка КД» проходит без декомпозиции в связи с полным отражением его компонентов на главной схеме.

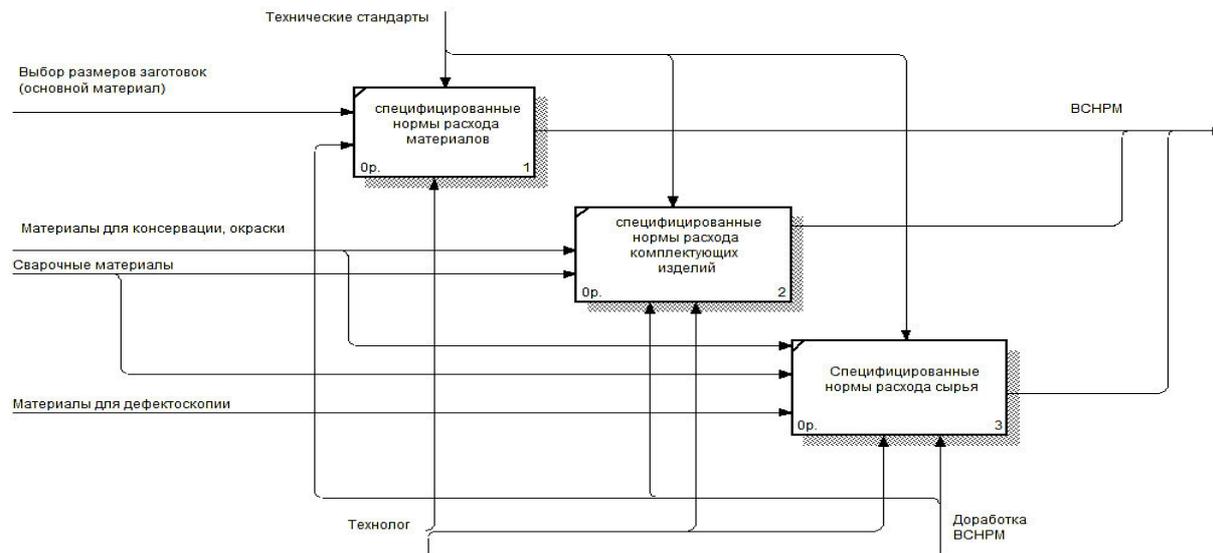


Рис. 4. – Второй уровень – декомпозиция блока «Разработка ВСНРМ»

Данный этап может быть многопроходным, т.к. присутствует обратная связь из блока «Контроль». Это обеспечивает качественный процесс разработки ведомости специфицированных норм расхода материалов (ВСНРМ).

ВСНРМ – документ, который формируется на основе конструкторской документации (КД), и передается в отдел снабжения, для обеспечения заказа материалами. В дальнейшем отдел снабжения делает в этом документе отметки о состоянии материально технического снабжения (МТС).

После выбора основных материалов (сырье, сварочные материалы, консервация и

окраска, основной металл и размеры заготовок) на основании специфицированных норм расхода и технических стандартов разрабатывается ВСНPM. Доработка данного документа производится при необходимости.

Основные причины корректировки:

- 1) Унификация по сортаменту.
- 2) Унификация по марке материала.
- 3) Замена на аналоги.

После того, как ВСНPM создана и заполнена, можно проводить его корректировку и резервирование материалов [6].

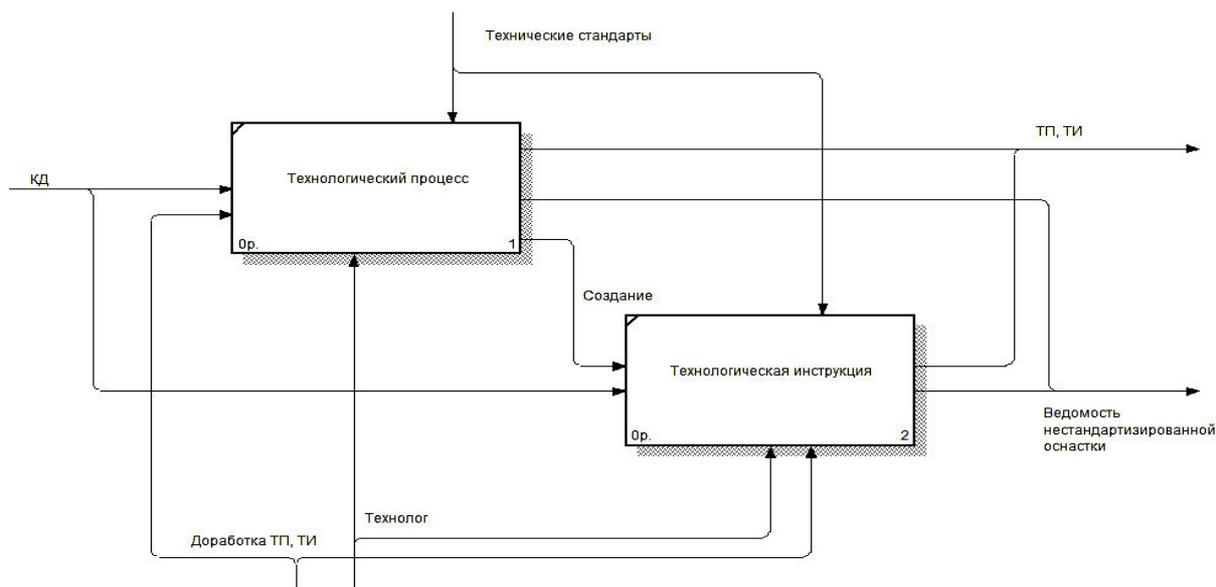


Рис. 5. – Второй уровень – декомпозиция блока «Разработка ТП, ТИ; согласование ТП, ТИ (при необходимости)»

Документация на данном этапе контролируется посредством обратных связей.

Основные этапы разработки ТП являются: анализ исходных данных; выбор аналога процесса изготовления единицы; выбор заготовок и способов ее изготовления; выбор технологических баз; составление технологической модели (ТМ); разработка теплообменного оборудования (ТО); нормирование ТП; определение требований таблиц контроля качества (ТБ); расчет экономической эффективности ТП; оформление ТП.

Основные этапы разработки технологических процессов показаны ГОСТ 14.303–73;

Групповые ТП и операции разрабатываются в соответствии с требованиями ГОСТ 14.316–75 и ГОСТ 14.301–83.

Исходные данные для разработки групповых ТП и операций показаны в ГОСТ 14.303–73. Руководящая информация должна включать данные, содержащиеся в действующих групповых ТП и операциях, оснастки и оборудования, классификаторах изделий. Справочная информация обязана содержаться в документации на действующие типовые и единичные ТП, в описаниях методов обработки изделий, в ведомостях трудоемкости изделий и других нормативных материалах.

Этапы разработки групповых ТП включают: анализ исходных данных, группирование изделий, количественную оценку групп предметов, нормирование технологического процесса. Остальные этапы подобны основным этапам разработки типовых технологических процессов, показанных в ГОСТ 14.303–73.

Проектируемые ТП заносятся в технологическую документацию (маршрутные, операционные и операционно-инструкционные технологические карты).

Маршрутные карты содержат список цехов, которые содержат список

технологических операций с указанием оборудования, оснастки, разряда работы и нормы времени для каждой операции. Они используются при единичном и мелкосерийном производстве.

Операционные карты применяются в серийном производстве, содержат список: "переходов" операции, оборудования для выполнения операции, режимов технологической оснастки и обработки по каждому "переходу", уровня работы, нормы времени на операцию, а так же отдельным ее составляющим.

Контрольные операции задаются технологами на основе данных чертежей и ТУ; заносятся в технологические карты [5].

Требования к содержанию технологической инструкции (ТИ).

В разделе «Область применения» указывают вид продукции, на которую распространяется ТИ. Раздел «Область применения» начинают словами: «Настоящая технологическая инструкция распространяется на процесс изготовления продукции...». В этом разделе указывают также наименование и обозначение конкретных Технических условий (ТУ), национального стандарта (ГОСТ, ГОСТ Р) или Стандарта организации (СТО), приложением к которому является ТИ, в случае, если ТИ не является самостоятельным документом.

В разделе «Ассортимент продукции» указывают полный ассортимент конкретной продукции, изготавливаемой по данной ТИ.

Раздел «Требования к сырью» содержит требования к сырью, используемому для изготовления продукции, с указанием нормативного или технического документа. В этом разделе делают запись о том, что сырье, используемое для изготовления данной продукции, должно соответствовать требованиям нормативных и технических документов (ГОСТ, ГОСТ Р, ТУ) и иметь сопроводительные документы, подтверждающие их качество и безопасность в соответствии с нормативными правовыми актами Российской Федерации.

Раздел «Рецептуры» содержит по каждой рецептуре конкретного наименования продукции норму расхода сырья брутто и нетто на одну, десять, сто или более порций (шт.), или на один, десять и более кг, массу (выход) полуфабрикатов и выход готовой продукции с учетом потерь при кулинарной обработке. Расход сырья (брутто и нетто), требуемого для изготовления продукции, устанавливает предприятие-изготовитель экспериментальным способом на основании актов проработки.

Раздел «Технологический процесс» содержит последовательность технологических процессов и операций, правила приемки и внутрицеховой транспортировки, правила и условия хранения сырья, а также порядок их подготовки для использования в технологическом процессе. Описание каждого технологического процесса содержит параметры технологических режимов (температуру, влажность, продолжительность процесса и др.), а также виды используемого технологического оборудования. В данном разделе также отражают требования по санитарной обработке оборудования, инвентаря и тары в соответствии с санитарными нормами и правилами (СанПиН) для данного производства с учетом особенностей технологического процесса.

Раздел «Упаковка и маркировка» содержит требования к потребительской и транспортной таре для продукции, а также к ее маркировке.

Раздел «Транспортирование и хранение» содержит требования к доставке, в том числе к используемым транспортным средствам, к условиям хранения и срокам годности продукции с момента окончания технологического процесса согласно срокам, установленным санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами.

В разделе «Организация контроля за качеством и безопасностью продукции» указывают порядок организации на предприятии технологического контроля качества и безопасности процессов производства на всех этапах изготовления продукции [4, 5, 6, 7].

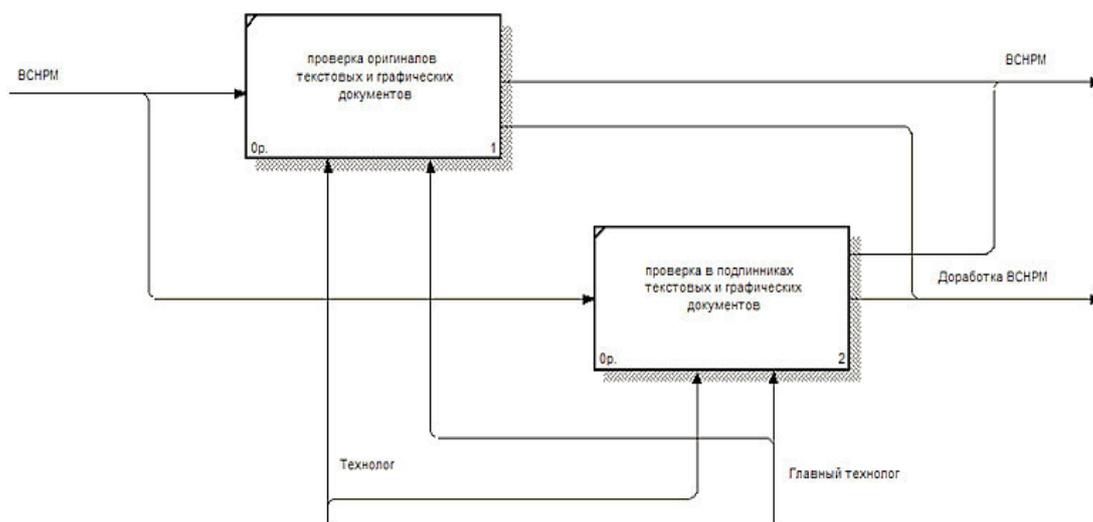


Рис. 6. – Второй уровень – декомпозиция блока «Контроль»

Данный уровень необходим для обеспечения качества не только документации, но и изготавливаемой продукции.

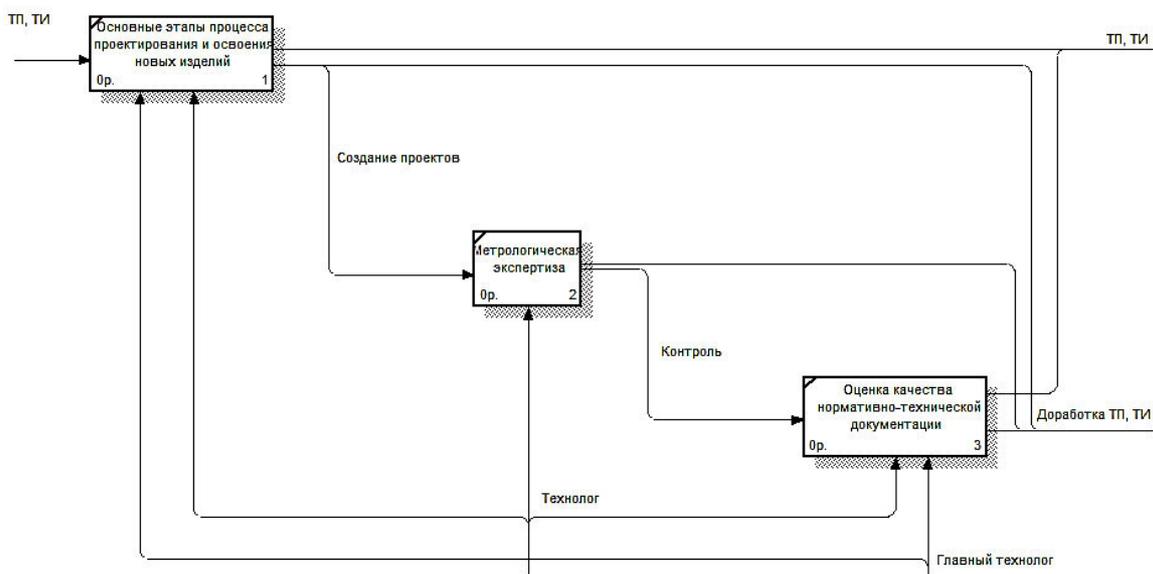


Рис. 7. – Второй уровень – декомпозиция блока «Нормоконтроль»

Уровень обеспечивает соответствие ТП и ТИ нормам единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и единой системы технологической документации (ЕСТД).

Основными преимуществами разработанной функциональной модели является то, что в результате декомпозиции функциональных блоков и определения потоков данных, процесс разработки значительно упростится, что приведет к следующим результатам:

- сокращению времени, необходимого для разработки проекта;
- повышению качества выполнения отдельных этапов проекта «разработка

технологической подготовки изготовления теплообменного оборудования».

К недостаткам можно отнести высокие требования к квалификации руководителей и высокая нагрузка руководителя, сложность информационных связей.

ВЫВОД

В результате изучения этапов технологической подготовки производства были выявлены основные преимущества и недостатки работы технологического отдела с целью повышения эффективности работы предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хорошилов, Г.С. Эффективность технологических нововведений и инжиниринговая сеть [Текст] / Г.С. Хорошилов // Вестник машиностроения. – 1995. – №6. – С. 47–50.
2. Корчак, С.Н. и др. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов : учебник для вузов по специальностям «Технология машиностроения», «Металлорежущие станки и инструменты» [Текст] / С.Н. Корчак, А.А. Кошин, А.Г. Ракович, Б.И. Сеницын; общ. ред. С.Н. Корчака. – М. : Машиностроение, 1988. – 352 с.
3. Проектирование теплообменных аппаратов АЭС [Текст] / Общ. ред. Ф.М. Митенков. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 296 с.
4. Техническая подготовка производства [Электронный ресурс] // Административно-управленческий портал AUP.RU. – 2015. – Режим доступа: URL: <http://www.aup.ru/> – 15.12.2015.
5. Теплообменники энергетических установок [Текст] / Общ. ред. Ю.М. Бродов. – Екатеринбург: ИД «Сократ», 2003. – 965 с.
6. Технологическая подготовка производства [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: URL: <http://www.kaskad-mp.ru/> – 15.12.2015.
7. Технологические процессы в производстве [Электронный ресурс] // Образовательный сайт Е.Н. Кучеровой. – 2015. – Режим доступа: URL: <http://www.kucherova.ru/> – 15.12.2015.

REFERENCES

- [1] Khoroshilov G.S. Effektivnost tekhnologicheskikh novovvedeniy i inzhiniringovaya set [Efficiency of technological innovations and engineering network]. Vestnik mashinostroeniya [Journal of mechanical engineering], 1995, №6, ISSN 0042-4633, pp. 47–50. (in Russian)
- [2] Korchak S.N., Koshin A.A., Rakovich A.G., Sinitsyn B.I. Sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniya tekhnologicheskikh protsessov, prispособleniy i rezhushchikh instrumentov [Systems of the automated design of technological processes, adaptations and the cutting tools]: uchebnik dlya vuzov po spetsialnostyam «Tekhnologiya mashinostroeniya», «Metallorazhushchie stanki i instrumenty» [the textbook for higher education institutions on the specialties "Technology of Mechanical Engineering", "Metal-cutting Machines and Tools"], Obshchaya redaktsiya S.N. Korchak [Edited by S.N. Korchak]. M. Pub. Mashinostroenie [Mechanical Engineering], 1988. ISBN 5-217-00237-9, 352 p. (in Russian)
- [3] Proektirovanie teploobmennyykh apparatov AES [Design of the NPP heat exchange equipment]. Pod obshchey redaktsiyey F.M. Mitenkova [Edited by F.M. Mitenkov]. M. Pub. Energoatomizdat [Energoatomizdat], 1988. ISBN 5-283-03756-8, 296 p. (in Russian)
- [4] Tekhnicheskaya podgotovka proizvodstva [Technical production preparation]. Administrativno-upravlencheskiy portal AUP.RU [Administrative and managerial AUP.RU portal]. 2015. Available at: <http://www.aup.ru> (in Russian)
- [5] Teploobmenniki energeticheskikh ustanovok [Heat exchangers of power stations]. Pod obshchey redaktsiyey Yu.M. Brodova [Edited by Yu.M. Brodov]. Ekaterinburg. Pub. ID «Sokrat» ["Socrate" Publishing House], 2003. 965 p. (in Russian)
- [6] Tekhnologicheskaya podgotovka proizvodstva [Technological preparation of production]. 2015. Available at: <http://www.kaskad-mp.ru> (in Russian)
- [7] Tekhnologicheskie protsessy v proizvodstve [Technological processes in production]. Obrazovatelnyy sayt E.N. Kucherovoy [Educational site of E.N. Kucherova]. 2015. Available at: <http://www.kucherova.ru> (in Russian)

Modelling Of Designing and Manufacturing Technique Processes of the NPP Heat Transfer Equipment

V.G. Beketov*, A.N. Shkurindin**¹, I.N. Shkurindin**²

* *Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI», 73/94 Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360
e-mail: VGBeketov@mephi.ru*

** *Engineering company JSC "Polesye"*

93 Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia 347370

¹ e-mail: Arrankarcheg@gmail.com ; ² e-mail: Shkurindinin@gmail.com

Abstract – BACKGROUND Interaction of design and technological departments working processes when developing accompanying documentation for heat exchangers is considered.

METHODS In the analysis of these processes shortcomings were defined and the improved process of design and technological preparation of production with use of the structural analysis methodology is offered (SADT). SADT methodology possibilities can be used for process planning improvement of design and production for nuclear branch that improves equipment quality and increases the NPP safety. Complex character of methodology allows to pay back quickly costs of its maintenance and to reach the new level of quality.

OBJECTIVES We developed proposals for improving the management of processes during designing and technological production preparation at JSC "Polesye".

It is necessary to solve the following problems:

- construction of a functional model of present processes;
- construction of the upgraded model;
- development of actions for improvement of production management system.

RESULTS Project development (in this case is the NPP equipment design) and technological production preparation will become considerably simpler as a result of functional block decomposition of the developed model and data flow definitions. It will increase labor productivity and reduce the spent time and generally improve the enterprise work efficiency.

Keywords: virtual modeling, design department activity, production processes, heat exchange processes, heat transfer equipment.