

3. Суркин Я. З. *Adaptatsiya i obuchenie v avtomaticheskikh sistemakh* [Adaptation and training in automated systems]. Moscow, Nauka Publ., 1968, 400 p.

4. Medvedev A. V. *Neparametricheskie sistemy adaptatsii* [Nonparametric adaptation systems]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1983, 174 p.

5. Medvedev A. V. [The theory of non-parametrical systems. Modeling]. *Vestnik SibGAU*, 2010. Vol. 30, no. 4, p. 4–9. (In Russ.)

6. Nadaraya E. A. *Neparametricheskie otsenki plotnosti veroyatnosti i krivoj regressii* [Non-parametric estimation of the probability density and the regression curve]. Tbilisi, Tbil. un-t Publ., 1983, 194 p.

© Банникова А. В., Сергеева Н. А., 2014

УДК 658.5.011.56

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ

А. А. Бикчентаев

ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнёва
Российская Федерация, 662972, г. Железногорск Красноярского края, ул. Ленина, 52
E-mail: ayrat715@iss-reshetnev.ru

Подчеркивается важность сбора и систематизации знаний о бизнес-процессах предприятия при реализации концепции информационной поддержки жизненного цикла изделия. Рассматриваются существующие и наиболее широко применяемые методики моделирования бизнес-процессов и анализируются возможности их применения. При этом обращается внимание на поддержку данных методик государственными и международными стандартами. В качестве аналога рассматривается существующий подход к применению методик моделирования бизнес-процессов, используемый в одной из наиболее развитых и популярных систем бизнес-моделирования. Дается обоснование перспективности применения нотации BPMN и указываются ее преимущества по сравнению с другими методиками. Приводится пример, демонстрирующий использование результатов данной работы при описании процессов одного из этапов жизненного цикла изделия.

Ключевые слова: бизнес-процесс, моделирование, информационная поддержка.

MODELING OF PROCESSES OF ITEMS LIFE CYCLE

A. A. Bikchentaev

JSC "Information satellite systems" named after academician M. F. Reshetnev"
52, Lenin str., Jeleznogorsk, Krasnoyarsk region, 662972, Russian Federation
E-mail: ayrat715@iss-reshetnev.ru

In this work the importance of gaining and systematization of knowledge about enterprise business processes for CALS (Continuous Acquisition and Life-cycle Support)-technologies implementation is pointed out. The most used existing techniques of business processes modeling are considered and possibilities of their applying are analyzed. At the same time supporting of these techniques by state and international standards is emphasized. The way of business processes modeling, that is used in one of the most developed and popular business modeling systems, is taken as an analogue. Arguments confirming of prospects of using notation BPMN are provided and its benefits versus other techniques are pointed out. The example, that shows how results of this work are used for description of one of the stages of product life cycle, is provided.

Keywords: business process, modeling, information support.

Моделирование процессов жизненного цикла изделия (ЖЦИ) [1] является необходимой составляющей при реализации подхода информационной поддержки процессов жизненного цикла изделия [2].

Средства описания бизнес-процессов существуют и развиваются уже довольно долгое время. Так, например, методология IDEF0 была стандартизирована в США в 1981 г. В 2001 г. она была изложена в рекомендациях

Госстандарта России. В 2013 г. вышел международный стандарт, описывающий методологию BPMN.

Также развиваются и технические средства моделирования бизнес-процессов. Даже заглянув в MS Visio, одно из самых популярных программных средств построения графических диаграмм, можно обнаружить наборы фигур для описания бизнес-процессов. И более того, поддержка создания таких диаграмм в этой программе совершенствуется [3].

Средства моделирования бизнес-процессов можно обнаружить и внутри более масштабных систем, например, систем бизнес-моделирования. Ярким примером является система Business Studio, в которой можно не просто создавать диаграммы бизнес-процессов с использованием разных нотаций, но и увязывать их в целостные модели. Подход к моделированию бизнес-процессов, реализованный в Business Studio, взят в качестве аналога для рассмотрения в этой работе.

Описание бизнес-процессов можно разделить на два уровня: верхний и нижний (операционный). Различные методики могут по-разному подходить для описания бизнес-процессов на верхнем или нижнем уровне.

Существующие средства моделирования бизнес-процессов:

1. Методология функционального моделирования IDEF0. Рекомендована Госстандартом России (Р 50.1.028–2001). Данная методология основана на подходе, получившем название SADT (Structured Analysis & Design Technique – методология структурного анализа и проектирования). Основу этого подхода (SADT) и методологии IDEF0 составляет графический язык описания (моделирования) систем [4].

IDEF0 используется для создания функциональной модели, отображающей структуру и функции системы, а также потоки информации и материальных объектов, преобразуемые этими функциями [4].

Модель бизнес-процесса, выполненная по методологии IDEF0, представляет собой иерархию диаграмм. Диаграммы нижнего уровня получаются за счет декомпозиции блоков диаграммы, находящейся на уровне выше.

2. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем (блок-схемы). Блок-схема (flowchart, block diagram) – распространенный тип схем (графических моделей), описывающих алгоритмы или процессы, в которых отдельные шаги, события или объекты изображаются в виде блоков различной формы, соединенных между собой линиями, указывающими направление последовательности [5]. Правила выполнения блок-схем определяются ГОСТ 19.701–90.

Достоинствами данной методики являются простота использования, широкая применимость при решении различных задач и, как следствие, понятность практически для всех специалистов.

Недостатком является то, что методика изначально была ориентирована на описание алгоритмов работы программ. При описании же процессов диаграммы могут получаться относительно сложными [6; 7].

3. Прием SwimLane. Представляет собой разделение диаграммы модели процесса горизонтальными

или вертикальными линиями, в результате чего она разбивается на области («плавательные дорожки» или просто «дорожки»), соответствующие ролям, ресурсам, элементам организации или местоположению. При этом расположение элементов диаграммы приводится в соответствии со значением этих областей.

Этот прием расширяет возможности описания бизнес-процессов и может быть использован с диаграммами, выполненными по методике блок-схем или по другим схожим методикам.

4. Процедура Business Studio (Cross Functional Flowchart). Процедура Business Studio [8] по сути является вариацией методики блок-схем, адаптированной для описания бизнес-процессов. В сравнении с базовой методикой она имеет следующие особенности:

- изначально предусматривает использование «дорожек»;
- вместо блоков ввода/вывода данных и документов используются названия стрелок (связей);
- для отображения потоков объектов, не приводящих к запуску следующего события, используется стрелка с удвоенным концом (стрелка потока объектов).

5. Событийно-обусловленная последовательность процесса (event-driven process chain). Довольно широко применяемая методика, являющаяся в том числе частью методологии ARIS [9] и поддерживаемая соответствующими программными продуктами. Она также является одной из методик описания бизнес-процессов, представленных в Business Studio.

Достоинствами этой методики можно назвать логичность и высокую степень формализации. Недостатками являются относительная громоздкость получаемых диаграмм и сложность восприятия людьми, которые с ней не знакомы [7].

6. BPMN (Business Process Model Notation – нотация моделирования бизнес-процессов). Данная нотация является проработанной методологией описания бизнес-процессов и их взаимодействия. Спецификация BPMN 2.0 была выпущена OMG (Object Management Group) в 2011 г. Она легла в основу международного стандарта ISO/IEC 19510:2013.

Особенностью BPMN является поддержка создания моделей для автоматически исполняемых бизнес-процессов, которые могут быть переведены в формат, предназначенный для выполнения в системах BPM (Business Process Management – управление бизнес-процессами). Так, в стандарте [10] говорится, что BPMN выстраивает мост между проектированием и исполнением бизнес-процессов.

Но основной целью данной методологии, и это указано в стандарте, является обеспечение нотации, понятной всем связанным с бизнес-процессами пользователям: тем, кто их описывает, внедряет технологию их автоматизации или их автоматическое исполнение, следит за ними и управляет их выполнением.

В [6] показано, что, применяя BPMN, можно создавать диаграммы бизнес-процессов, не уступающие по простоте, понятности и информативности диаграммам блок-схем и подобных методик.

Объем и сложность нотации BPMN на первый взгляд воспринимаются как ее существенный недостаток.

Но на деле оказывается, что применение BPMN может быть не намного сложнее, чем работа с другими методиками. При этом данная нотация позволяет описывать логику процессов с разной степенью детализации, вплоть до очень подробного описания. Конечно, с увеличением степени детализации диаграмм бизнес-процессов от специалистов, работающих с ними, потребуется больше знаний о BPMN.

Среди возможности описываемой нотации, отличающих ее от методик-вариаций блок-схем, можно выделить:

- возможность увязки диаграмм в единую модель; при этом связи между диаграммами могут быть как горизонтальными, так и иерархическими;

- возможность отображения на диаграмме взаимодействия нескольких процессов, что возможно за счет применения элемента «пул» (pool), соответствующего процессу и являющегося контейнером для всех элементов этого процесса на диаграмме.

Из-за высокой степени формализации BPMN возможно использование форматов файлов моделей бизнес-процессов, поддерживающих обмен этих моделей между различными системами, работающими с ними. При этом объекты переданной модели могут быть распознаны и сопоставлены с объектами, хранящимися в системе, в которую происходит передача.

Анализ возможностей применения рассмотренных средств моделирования бизнес-процессов. Методология IDEF0 используется в мире уже долгое время и является весьма эффективной при построении иерархической модели бизнес-процессов верхнего уровня [8]. При ее использовании возможна опора на рекомендации Госстандарта России (Р 50.1.028–2001).

Однако при моделировании бизнес-процессов на операционном уровне диаграммы IDEF0 явно проигрывают в простоте и понятности для пользователей по сравнению с диаграммами, составленными по другим методикам. Да и составление таких диаграмм с соблюдением правил и принципов IDEF0 является более сложным занятием, которое может осуществляться только при наличии определенных знаний.

Для описания бизнес-процессов на нижнем уровне предпочтительней использовать нотацию BPMN. Несмотря на объем и сложность, она позволяет составлять простые и понятные диаграммы, являющиеся по сути вариациями блок-схем. При этом существуют возможности включения в описание больше деталей, делая его более точным и информативным. Диаграммы, выполненные в BPMN, могут увязываться между собой, образуя единую модель. Высокая степень формализации BPMN дает дополнительные преимущества работы с моделями.

Выпуск международного стандарта, описывающего нотацию BPMN, дает опору для ее применения на предприятиях и разработки собственных стандартов моделирования бизнес-процессов на ее основе.

Каждая из выбранных для использования методик позволяет создавать модели бизнес-процессов, содержащих связанные между собой диаграммы. Их совместное использование в рамках одной модели требует применения механизмов, связывающих диаграммы IDEF0 и BPMN между собой. Среди этих механизмов

должно быть применение правил декомпозиции блоков-действий и идентификации этих блоков и диаграмм модели. Данные правила могут быть использованы так, как они описаны в методике IDEF0 [4].

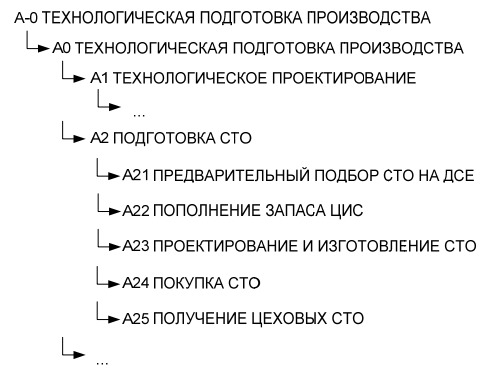


Рис. 1. Фрагмент дерева диаграмм модели технологической подготовки производства (ТПП)

Рассмотрим модель ТПП, структура которой представлена на рис. 1. Контекстная диаграмма A-0 и ее дочерняя диаграмма A0 выполняются в нотации IDEF0. Диаграммы следующих уровней могут выполняться как в нотации IDEF0, так и в нотации BPMN.

Декомпозиция блоков диаграмм BPMN должна осуществляться только согласно правилам данной нотации.

Теперь разберем вопрос связывания диаграммы BPMN с другими диаграммами модели. Для этого нотация позволяет использовать элемент «свернутый пул», соответствующий процессу, с которым осуществляется связь. В [11] описано, как осуществляется связывание процессов, описанных в разных нотациях, по входам и выходам. При связывании процесса, описанного в BPMN для передачи управления другому процессу, используются элементы «свернутый пул», «событие» и «поток сообщений» [12].

Разберем вышесказанное на примерах, взятых из упомянутой ранее модели ТПП (рис. 1). На рис. 2 представлен фрагмент диаграммы A0, на котором видно, как два процесса ТПП связаны между собой. Это процесс технологического проектирования (A1) и процесс подготовки СТО (A2). При дальнейшей декомпозиции процесса подготовки СТО появляется диаграмма A24, описывающая процесс покупки СТО. Эта диаграмма была выполнена в нотации BPMN (рис. 3). Необходимо было связать данный процесс с технологическим проектированием, так как исходными данными для начала работы является список СТО разработанного техпроцесса. Кроме этого, в ходе работ могут быть приняты решения, например, о замене заказанного инструмента на аналог, которые должны быть отражены в соответствующем технологическом процессе. Все необходимые связи были показаны согласно описанным выше правилам: был добавлен свернутый пул процесса технологического проектирования, введены потоки сообщений «Список инструмента техпроцесса» и «Корректировка инструмента техпроцесса», связывающих его с соответствующими событиями процесса, представленного данной диаграммой.

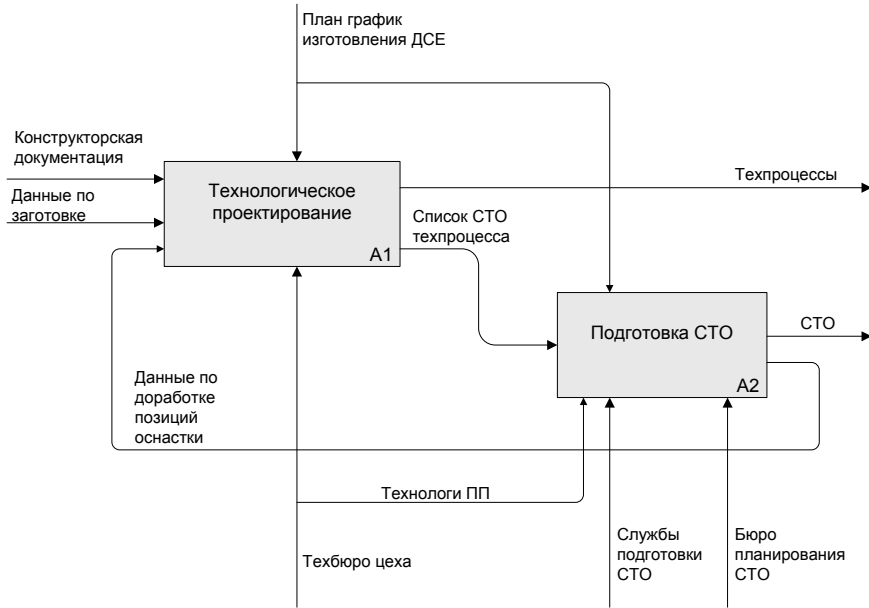


Рис. 2. Фрагмент IDEF0-диаграммы A0 «Технологическая подготовка производства»

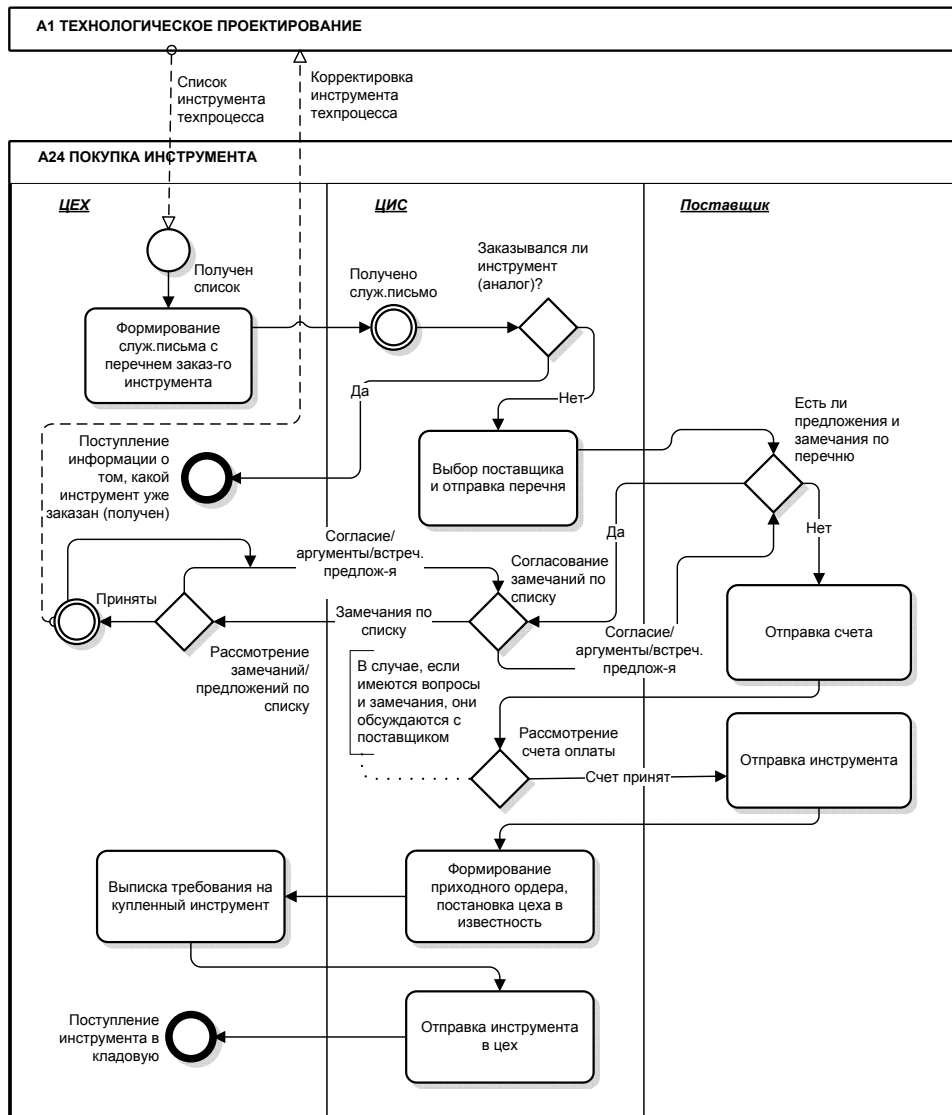


Рис. 3. BPMN-диаграмма процесса покупки СТО (A24)

Итак, как было показано, при описании бизнес-процессов целесообразно использовать две нотации. IDEF0 наиболее подходит при составлении диаграмм верхнего уровня. Нотация BPMN обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методиками описания бизнес-процессов на операционном уровне, в том числе и вариаций блок-схемы. Диаграммы IDEF0 и BPMN могут быть связаны между собой в единой модели процессов ЖЦИ.

Библиографические ссылки

1. Р.50.1.031–2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Терминологический словарь. Ч. 1. Стадии жизненного цикла продукции : рекомендации по стандартизации / Госстандарт России. М. : Изд-во стандартов, 2001.
2. Кондрин А. В., Кукарцев В. В. Стратегия внедрения CALS-технологий // Вестник СибГАУ. 2011. Вып. 3 (36). С. 210–214.
3. Официальный русскоязычный блог Visio. BPMN 2.0 в Visio [Электронный ресурс]. URL: http://blogs.technet.com/b/visio_ru/archive/2012/11/26/bpmn-2-0-visio.aspx (дата обращения: 18.02.2014).
4. Р.50.1.028–2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования : рекомендации по стандартизации / Госстандарт России. М. : Изд-во стандартов, 2001.
5. Блок-схема // Материал из Википедии – свободной энциклопедии [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BB%D0%BE%D0%BA-%D1%81%D1%85%D0%B5%D0%BC%D0%B0> (дата обращения: 18.02.2014).
6. Репин В. В. Описание бизнес-процессов: стремление к простоте [Электронный ресурс]. URL: http://www.businessstudio.ru/procedures/business/simple_descr/ (дата обращения: 18.02.2014).
7. Репин В. В. ARIS eEPC, или «Процедура» Business Studio? [Электронный ресурс]. URL: <http://www.businessstudio.ru/procedures/business/procedure/> (дата обращения: 18.02.2014).
8. Репин В. В., Елиферов В. Г. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. М. : Стандарты и качество, 2004. 408 с.
9. Шеер А. В. Моделирование бизнес-процессов : пер. с англ. М. : ООО Серебряные нити, 2000. 222 с.
10. ISO/IEC 19510:2013(E). Information technology – Object Management Group Business Process Model and Notation [Электронный ресурс]. URL: http://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/c062652_ISO_IEC_19510_2013.zip (дата обращения: 18.02.2014).
11. Особенности связывания процессов разных нотаций по входам и выходам [Электронный ресурс]. URL: http://businessstudio.ru/wiki/docs/current/doku.php/ru/csdesign/bpmodeling/connection_processes/connection_inputs_outputs/connection_different_notations (дата обращения: 18.02.2014).

12. Связывание процессов для передачи управления [Электронный ресурс]. URL: http://businessstudio.ru/wiki/docs/current/doku.php/ru/csdesign/bpmodeling/connection_processes/connection_transfer_control (дата обращения: 18.02.2014).

References

1. R.50.1.031-2001. *Informatsionnye tekhnologii podderzhki zhiznennogo tsikla produktsii. Terminologicheskii slovar'. Ch. 1. Stadii zhiznennogo tsikla produktsii* [R.50.1.031-2001. Information technologies of life cycle of production support. Glossary. Pt. 1. Phases of life cycle of production. Recommendations for standardization]. Moscow, Standartinfor Publ., 2001, p. 27.
2. Kondrin A. V., Kukartsev V. V. [CALS-technologies implementation strategy]. *Vestnik SibGAU*, 2011, vol. 36, no. 3, p. 210–214. (In Russ.)
3. *Ofitsial'ny russkoyazychny blog Visio. BPMN 2.0 v Visio* [Official russian blog Visio. BPMN 2.0 in Visio]. Available at: http://blogs.technet.com/b/visio_ru/archive/2012/11/26/bpmn-2-0-visio.aspx (accessed 18.02.2014).
4. R.50.1.031–2001. *Informatsionnye tekhnologii podderzhki zhiznennogo tsikla produktsii. Metodologiya funktsional'nogo modelirovaniya* [R.50.1.031–2001. Information technologies of life cycle of production support. Methodology of functional modeling. Recommendations for standardization]. Moscow, Standartinfor Publ., 2001, p. 49.
5. *Blok-skhemata. Material iz Vikipedii – svobodnoy entsiklopedii* [Flowchart. From Wikipedia, the free encyclopedia]. Available at: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BB%D0%BE%D0%BA-%D1%81%D1%85%D0%B5%D0%BC%D0%B0> (accessed 18.02.2014).
6. Repin V. V. *Opisanie biznes-protsessov: stremlenie k prostote* [Business processes discription. Approach to simplicity]. Available at: http://www.businessstudio.ru/procedures/business/simple_descr/ (accessed 18.02.2014).
7. Repin V. V. ARIS eEPC ili “Protsedura” Business Studio? [ARIS eEPC or “Procedure” of Business Studio]. Available at: <http://www.businessstudio.ru/procedures/business/procedure/> (accessed 18.02.2014).
8. Repin V. V., Eliferov V. G. *Protsessnyy podkhod k upravleniyu. Modelirovanie biznes-protsessov* [Process approach for management. Business process modeling]. Moscow, Standarty i kachestvo Publ., 2004, 408 p.
9. Sheer A. V. *Modelirovanie biznes-protsessov* [ARIS – Business Process Modeling by August-Wilhelm Scheer]. Moscow, Serebryanye niti Publ., 2000, 222 p.
10. ISO/IEC 19510:2013(E). Information technology – Object Management Group Business Process Model and Notation. Available at: http://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/c062652_ISO_IEC_19510_2013.zip (accessed 18.02.2014).
11. *Osobennosti svyazyvaniya protsessov raznykh notatsiy po vkhodam i vykhodam* [The features of linking

outputs and inputs of different notation business processes]. Available at: http://businessstudio.ru/wiki/docs/current/doku.php/ru/csdesign/bpmodeling/connection_processes/connection_inputs_outputs/connection_different_notations (accessed 18.02.2014).

12. *Svyazyvanie protsessov dlya peredachi upravleniya* [Business processes linking for management transfer]. Available at: http://businessstudio.ru/wiki/docs/current/doku.php/ru/csdesign/bpmodeling/connection_processes/connection_transfer_control (accessed 18.02.2014).

© Бикчентаев А. А., 2014

УДК 621.643.07

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОИСКА ЧАСТОТНОГО ОТКЛИКА СБОРНОЙ КОНСТРУКЦИИ ТРУБОПРОВОДА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ*

И. О. Бобарика¹, М. С. Яхненко²

¹Иркутский государственный технический университет
Российская Федерация, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
E-mail: MegusMC@mail.ru

²Иркутский авиационный завод – филиал ОАО «Корпорация «ИРКУТ»
Российская Федерация, 664020, г. Иркутск, ул. Новаторов, 3
E-mail: holtfor@mail.ru

Выполнена доработка методики проектирования конструкции трубопроводной системы с учётом экспериментальных данных тензометрирования. Выполнен анализ частотного отклика сборной конструкции трубопроводов гидрогазовых систем с определением их напряжённо-деформированного состояния для различных диапазонов частот возбуждающей силы с применением нелинейной контактной задачи метода конечных элементов. Представлены частотные отклики сборной конструкции трубопроводов напорной линии гидросистемы современного самолёта до и после модернизации по представленной методике; подтверждено снижение динамических напряжений конструкции в диапазоне рабочих частот. Работа продолжает исследование зависимости частот собственных колебаний и напряжённо-деформированного состояния трубопроводных систем от особенностей их конструкции.

Ключевые слова: трубопровод, частотный отклик, гидросистема, резонанс, демпфирование, динамическое напряжённо-деформированное состояние, контактная задача, метод конечных элементов.

TECHNIQUE SOLUTION OF THE PROBLEM OF THE PIPELINE PRECAST STRUCTURE FREQUENCY RESPONSE SEARCH WITH APPLICATION OF THE FINITE ELEMENT METHOD

I. O. Bobarika¹, M. S. Yakhnenko²

¹Irkutsk state technical University
83, Lermontov str., Irkutsk, 664074, Russian Federation
E-mail: MegusMC@mail.ru

²Irkutsk aircraft factory – subsidiary of JSC “Corporation “Irkut”
3, Novatorov str., Irkutsk, 664020, Russian Federation
E-mail: holtfor@mail.ru

Modification of technique of structural design of pipeline system taking into account experimental data of a strain-gage testing has been completed. The various ranges of frequency response analysis of the dynamically loaded hydro-gas system's collapsible pipelines constructions with application of a finite element method nonlinear contact problem

* Представленная в рамках данной статьи работа проводится при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Минобрнауки России) по комплексному проекту 2012-218-03-120 «Автоматизация и повышение эффективности процессов изготовления и подготовки производства изделий авиатехники нового поколения на базе Научно-производственной корпорации «Иркут» с научным сопровождением Иркутского государственного технического университета» согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218.