

ТЕОРИЯ ФАКТОРОВ В ИНФОРМАЦИОННО-СОПРЯЖЁННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

С.В. Власов (Владивосток)

Введение. Рассмотрим некоторые результаты теоретических исследований в области раскрытия взаимной связи и зависимости формализованных элементов управления в производственной информационно-управляющей системе судостроительного предприятия. Допустим, что архитектура этой системы начинается с модуля «системы автоматизированного проектирования морских объектов» (САПР МО). Очевидно, что на входе в этот модуль имеется техническое задание на проектирование. На выходе проектная технология постройки её продукта, которая должна соответствовать принципиальной технологии постройки на судостроительном предприятии.

В дальнейшем информационный поток проектной и рабочей конструкторской документации на постройку МО поступает в модуль «центра информационно-сопряжённой системы управления» (ЦИССУ) производством судостроительного предприятия. Там для всех этапов постройки судна, корабли или др. МО осуществляется моделирование производственных показателей, нормирование трудозатрат и выработка вариантов управленческих решений относительно величины соответствующих показателей производства предприятия в целом.

В ЦИССУ в электронном цифровом формате в формализованных элементах операционной системы формируется единая система обобщённых координат производственной функции предприятия, которая включает в себя сетевой план постройки МО, сетевые графики для целевых функций отдельных видов производства, сетевые графики материально-технического обеспечения производственных процессов и сетевые графики выполнения работ субподрядными организациями. Каждый из выше перечисленных потоков информации распределяется на входы соответствующих локальных модулей информационно-сопряжённой системы управления производством.

Скажем, локальный модуль корпусного производства вырабатывает необходимые на каждом технологическом этапе управляющие программы для оборудования с ЧПУ и одновременно формирует материальные заявки, которые направляются в модуль «материально-технического обеспечения» (МТО). На каждом из этапов постройки корпуса на выходе, на электронных или бумажных носителях, комплектуется рабочая конструкторская документация и в формализованных элементах операционной системы выпускаются сменно-суточные задания.

Затем локальный модуль корпусного производства обрабатывает информацию по изготовлению деталей корпуса МО и их наличию на комплектовочном участке, где формируются технологические комплекты для предварительной сборки узлов. Выдаёт информацию в модуль инженерной службы о подготовке технологической оснастки для начала следующего этапа, допустим, секционной сборки конструктивных элементов корпуса.

После обработки информации от комплектовочного участка модуль корпусного производства запускает технологический этап секционной сборки, который сопровождается выдачей в электронном цифровом формате комплекта рабочей конструкторской документации и сменно-суточных заданий в формализованных элементах для участка секционной сборки элементов корпуса. На входе этот модуль получает информацию о готовности и комплектности изделий для последующей их

сборки в структурные элементы и на выходе выдаёт информацию для подготовки технологической оснастки, необходимой в следующем этапе, стапельной сборки структурных элементов или блоков корпуса МО.

Запуск технологического этапа сборки структурных элементов или блоков корпуса происходит аналогично предыдущему и сопровождается в операционной системе модуля корпусного производства моделированием соответствующих формализованных показателей для сменно-суточных заданий и пр. документов для участка стапельной сборки структурных элементов. На входе модуль корпусного производства собирает информацию о готовности и комплектности блоков для финальной сборки корпуса МО.

Модуль корпусного производства запускает технологический этап финальной сборки корпуса, сопровождая соответствующим информационным сопровождением в формализованных элементах операционной системы в электронном цифровом формате для участка финальной сборки корпуса МО.

Непрерывный контроль исполнения осуществляет ЦИССУ предприятия. Он же открывает запуск технологических этапов в электромонтажном, механомонтажном и других видах производства предприятия и субподрядчиков, причём, на основе формализованной информации, получаемой из локальных модулей всех видов производства предприятия, субподрядчиков и контрагентов.

Обзор. Анализ мировой практики судостроения показывает, что число таких субподрядных предприятий может достигать до шести десятков, например, Южнокорейская верфь DSME ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Daewoo Shipbuilding](https://ru.wikipedia.org/wiki/Daewoo_Shipbuilding)). При этом их производственно-технологическая деятельность осуществляется под управлением единого центра информационно-сопряжённых систем управления головной верфи. Архитектура и алгоритм связей её элементов вместе с наличием признаков уникальности являются коммерческой тайной и очевидно, что они дают значительные конкурентные преимущества.

Вместе с тем, в доступной литературе практически нет открытых исследований в области системных технологий управления технико-экономическими элементами производственной функции, т.е. логико-математической моделью операционной системы предприятия, построенной на раскрытии функциональных взаимосвязей и взаимозависимостей производственных факторов. Однако их наличие автором не ставится под сомнение. Под сомнением остаются предлагаемые в отечественной и зарубежной литературе всевозможные комбинации архитектур операционных систем предприятий машиностроения, состоящих, как правило, из автоматизированных рабочих мест (АРМов).

При всей их схожести на системы управления, предлагаемые архитектуры не могут рассматриваться как операционные системы, их, скорее, можно назвать универсальными или многофункциональными, поскольку они предоставляют широкую возможность выбирать отдельные нужные элементы управления, а на оставшиеся не обращать внимания или просто их не использовать. В результате системная связь элементов архитектуры управления производством становится неустойчивой и требует дополнительных усилий для настройки алгоритмов, которые не могут обладать ресурсами полноценного моделирования производственно-технических действий персонала предприятия в интервалах времени от начальных событий до конечных.

Как писал академик В.М. Глушков: *«Увеличения мощности управленческого аппарата нельзя достичь в рамках традиционной бумажной технологии за счёт оснащения людей инструментами, действующими "россыпью". Необходима комплексная автоматизация, при которой большая часть информационных потоков замыкается вне человека. В этом состоит сущность безбумажной технологии. Обязанности человека сведутся к постановке задач, выбору*

окончательных вариантов управленческих решений и к неформализуемой работе с людьми».

Теория факторов. Технологическая и экономическая целесообразность производства любых возможных объёмов продукции, товаров или услуг всегда ориентируется на объём платёжеспособного спроса (*VPD* – volume of platform demand). Поэтому каждый проект или заказ на постройку судна, корабля или др. МО, каждое прибывшее в ремонт судно или корабль необходимо рассматривать как индивидуальную микроэкономическую подсистему производственной функции (ПФ) судостроительного или судоремонтного предприятия. В свою очередь, каждая микроэкономическая подсистема должна иметь строгую направленность на получение соответствующих технических характеристик и технологических свойств продукции, которые необходимы заказывающему управлению – покупателю. А планируемые объёмы и сроки производства должны соответствовать установленным объёмам платёжеспособного спроса (*VPD*) и срокам существования этих объёмов на торговых площадках отраслевых рынков.

В каждой системе производства предприятия судостроения и судоремонта процедура моделирования всех производственных показателей (*EI* – economic indicator) ориентирована на получение максимально возможного товарного результата с использованием в производстве минимального количества ресурсов. При этом должны фиксироваться все изменения текущей конъюнктуры цен, происходящие как в секторах отраслевого рынка, так и на рынках экономических факторов производства, т.е. рынках ресурсов.

Рынки экономических факторов производства, или рынки ресурсов труда и капитала, природных ресурсов, сырья и материалов, запасных частей и комплектующих изделий машиностроения, услуг акваторий портов и энергоносителей и т.д. в судостроительном и судоремонтном производстве оказывают существенное влияние в первую очередь на общее состояние предприятий машиностроения в отраслевых рынках.

Обозначим три группы основных производственных ресурсов (рис. 1). Во всех системах производства судостроительных и судоремонтных предприятий при использовании ресурсов этих трёх групп образуются различные объёмы производственных издержек.

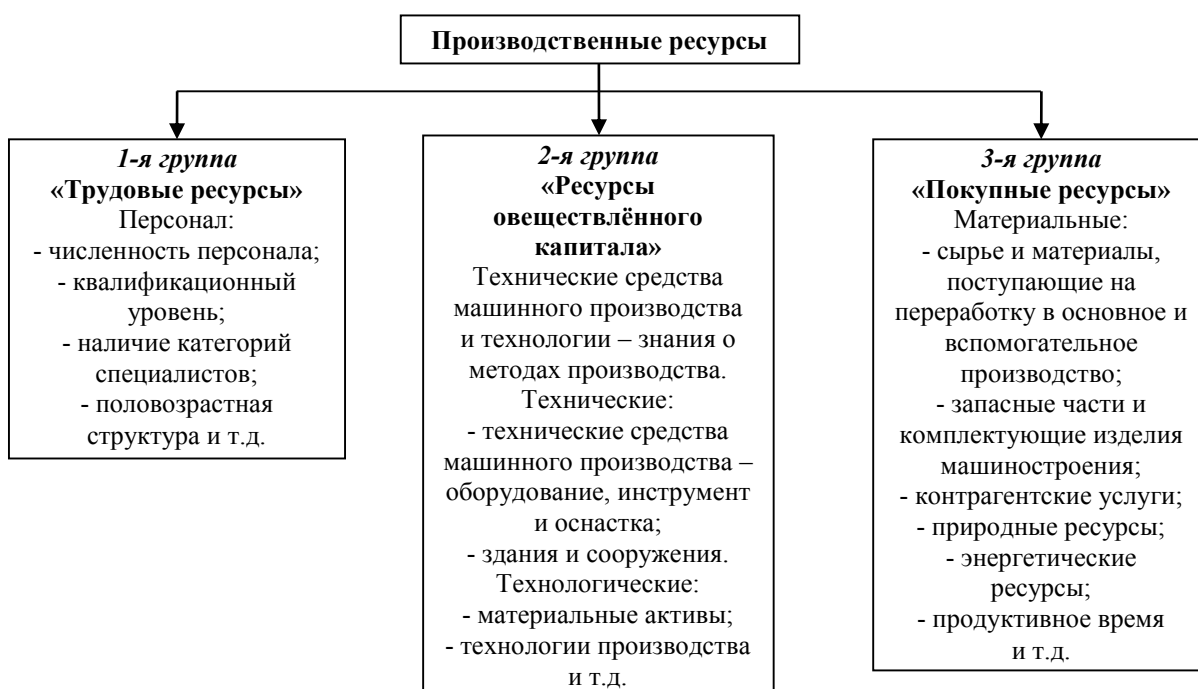


Рисунок 1 – Группы основных производственных ресурсов

При формализации элементов производственной функции и моделировании EI производственных процессов в 1-й группе ресурсов (рис. 1), по установленным признакам их функциональной взаимосвязи и взаимозависимости идентифицируются экономический фактор труда промышленно-производственного персонала (ППП) предприятия.

Из совокупного объёма предложения рынка ресурсов труда каждое предприятие приобретает ту её часть, которая необходима для организации производства установленного объёма продукции, товаров или услуг. Так, формализуется фактор численного состава ППП, характеризующий оптимальную величину EI объёма издержек на ресурсы труда. По признаку стоимости рабочей силы на рынке труда формализуется единичное значение фактора уровня квалификации каждого необходимого в производстве специалиста.

2-я группа ресурсов (рис. 1) – это группа ресурсов длительного пользования, созданных в целях производства дополнительных товаров и услуг. Тот или иной набор и сочетание технических и технологических ресурсов формализует фактор овеществлённого капитала. Формализованный показатель (EI) объёма овеществлённого капитала (D) оптимизируется по времени x и представляет собой набор подсистемных технических и технологических факторов производства.

3-я группа ресурсов (рис. 1) представляет собой покупные ресурсы. Формализованный показатель (EI) овеществлённого капитала (D), а значит и формализованный EI труда персонала (N) моделируется по времени x , исходя из объёма переработки ресурсов 3-ей группы в их различных наборах и сочетаниях.

Интегрированная стоимость всевозможных наборов ресурсов 1-й и 2-й групп определяет величину формализованного показателя себестоимости трудозатрат собственной выработки ($IEWC$ – the integrated expenses of work and the capital), т.е. направляемых на создание добавленной стоимости. Интегрированная стоимость любого набора и сочетания всех трёх групп ресурсов определяет величину формализованного EI производственной себестоимости продукции, товаров или услуг.

Из функциональной зависимости

$$N = f \{R f [D f(x)]\} \quad (1)$$

можно установить, что объём овеществлённого капитала D или количество технических средств машинного производства идентифицируется по продуктивному времени x . После чего идентифицируются факторы уровня квалификации R и состава категорий специалистов, необходимых для обслуживания этого количества технических средств машинного производства. Таким образом, показатель численности персонала N формализуется по продуктивному времени x с учётом квалификации специалистов, предлагаемой на рынке ресурсов труда.

Экономические факторы рынков ресурсов. Экономический фактор (EF – economic factor) – это технико-экономический элемент (ТЭЭ), который в цепи логического развития «ресурс–фактор–показатель» представляет собой дискретную долю или единичное значение объёма ресурса в совокупном предложении любого рынка ресурсов.

Единичное значение EF , т.е. каждой дискретной доли, как необходимого в производственном процессе объёма ресурса, идентифицируется по признакам географической доступности, текущей и прогнозируемой платёжеспособности предприятия. После чего формируются всевозможные наборы и сочетания экономических факторов рынков ресурсов. Таким образом, каждый набор и сочетание подсистемных факторов рынков ресурсов образует единичное значение основного производственного фактора.

На установленных предпосылках в функциональной взаимосвязи и взаимозависимости единичных значений производственных факторов строятся логико-математические модели операционной системы, которые на многовариантной основе моделируют те или иные формализованные показатели (*EI*) производства.

Логико-математическая модель операционной системы должна показать динамику изменения действительной величины формализованного показателя, которая будет происходить вместе с изменениями в соотношениях единичных значений производственных факторов. Изменения же единичных значений основных производственных факторов будут происходить вместе с изменениями единичных значений подсистемных факторов производства, т.е. экономических факторов рынков ресурсов труда и овеществлённого капитала, сырья, материалов, энергоносителей и т.д.

Обратим внимание на тот факт, что в производственных бизнес-процессах принимают участие группы экономических факторов, каждый из которых достаточно сложно идентифицировать как единичную часть какого-либо ресурса. К ним относятся следующие наборы и сочетания экономических факторов (*EF*), идентифицируемых в секторах отраслевых рынков предприятий машиностроения.

1. Фактор объёма дискретной доли предприятия в совокупном объёме платёжеспособного спроса (*VPD*) отраслевого рынка.

2. Фактор календарного (астрономического) периода времени (*PT* – productive time) существования *VPD*, который приходится на долю предприятия в совокупном объёме отраслевого рынка.

3. Конъюнктурный фактор цена-качество продукции, товаров или услуг как формализованный показатель стоимости трудозатрат собственной выработки (*S_p*) в совокупном *VPD* отраслевого рынка.

Подсистемные и системные факторы производства. Для того чтобы произвести любую продукцию, товары или услуги, необходимо скомбинировать в определенном сочетании объёмы каких-либо ограниченных ресурсов. В сочетания могут входить не только материальные ресурсы, ресурсы труда и капитала, но и нематериальные ресурсы. Если группы основных ресурсов (рис. 1) разложить по признаку их материальных и нематериальных физических свойств, то получим пять следующих подгрупп.

1. Материальные ресурсы представляют собой природное сырьё и энергетические ресурсы, материалы и полуфабрикаты, комплектующие изделия машиностроения и т.д. То есть всё то, что в производственных процессах проходит переработку, видоизменяется и овеществляется в продукции, товарах и услугах предприятий судостроения и судоремонта.

2. Трудовые ресурсы представляют собой физические возможности и интеллектуальные способности людей, которые в производственных процессах опосредуются в продукции, товарах и услугах.

3. Ресурсы овеществлённого капитала – это всевозможные наборы и сочетания машин, оборудования, оснастки и инструментов и т.д., воспроизводство и накопление которых опосредуется в продукции, товарах или услугах.

4. Нематериальный ресурс предпринимательских способностей людей, знаний о рациональных методах производства. Его косвенное проявление всегда присутствует и опосредуется в любой продукции, товарах или услугах.

5. Нематериальный ресурс продуктивного времени (*PT*). Время может быть астрономическим, календарным, производственным, технологическим, нормированным и т.д. Оно опосредуется или материализуется при производстве любой продукции, товаров или услуг и необходимо для воспроизводства четырех предыдущих, достаточно больших подгрупп ограниченных ресурсов. Ресурс *PT* ограничивается

периодом времени, в котором для каждого из VPD начинается, существует и завершается платёжеспособность в отраслевом рынке.

В четырёх первых подгруппах ресурсов идентифицируются и формализуются в операционной системе единичные значения подсистемных факторов производства (EF). Пятый, нематериальный, ресурс продуктивного времени задаёт признаки для идентификации подсистемных факторов в первых четырёх подгруппах ресурсов и представляет собой системный производственный фактор (EF) производства.

Кроме того, в операционной системе к подгруппе системных факторов производства относятся факторы, состав которых определяется наборами и сочетаниями следующих единичных значений подсистемных EF . Это трудозатраты ($IEWC$ – the integrated expenses of work and the capital) как затраты труда и капитала на объём производства, производственная мощность (Z) предприятия как первая производная функции $IEWC$ по PT , себестоимость трудозатрат собственной выработки (S) как производная соотношения «цена-качество» в объёме производства продукции собственной выработки и непосредственно объём производства собственной выработки (G) в денежном выражении.

Обсуждение результатов. Обобщив вышесказанное, для применения в логико-математических моделях операционной системы ЦИССУ получим ряд элементов производственной функции, состоящий из четырёх подсистемных факторов производства, и ряд из пяти основных производственных факторов.

I. Подсистемные факторы операционной системы:

– 1-й подсистемный EF – это единичное значение формализованного фактора объёмов природных ресурсов, сырья, материалов и т.д., направляемых на переработку в основное производство. Он устанавливает предпосылки функциональной зависимости между протяжённостью продуктивного времени x и времени, необходимого на переработку соответствующего объёма материальных ресурсов:

$$x = f(MP), \quad (2)$$

где x – действительная величина показателя суммарного времени ручного труда и времени машинного производства на переработку установленного объёма ресурсов 3-й группы – или формализованный фактор продуктивного времени PT , дн., ч.;

MP – единичное значение фактора, определяющего объём материальных ресурсов, поступающих на переработку, кг, т, шт. и т.д.

– 2-й подсистемный EF – это единичное значение формализованного фактора ресурсов производственного капитала (D) или технических средств машинного производства. Исходя из производительности оборудования, раскрывается неопределимость предпосылок функциональной зависимости объёма производственного капитала от объёма перерабатываемых ресурсов (MP) по времени x .

– 3-й подсистемный EF – это единичное значение формализованного фактора труда персонала предприятия (N), идентифицированного по уровню квалификации (R) специалистов. Единичное значение этого фактора идентифицируется в предпосылке функциональной зависимости объёма затрат труда от объёма применения технических средств машинного производства, т.е.:

$$N = f(D) \text{ и } N = f(D, R), \quad (3)$$

где:

N – формализованный фактор численности персонала предприятия, чел.;

D – формализованный фактор объёма применения технических средств машинного производства, часов машинного времени производства (ч.мВп.);

R – формализованный подсистемный фактор, определяющий средний уровень квалификации персонала предприятия, руб./1чел. в мес.

– 4-й подсистемный EF – это часть ресурса предпринимательских способностей, навыков и технологических знаний о рациональных методах производства, формализуется как уровень капитализации труда персонала предприятия.

II. Системные или основные производственные факторы операционной системы:

– 1-й производственный EF – единичное значение ресурса продуктивного времени (PT) на установленный VPD .

– 2-й производственный EF – это единичное значение объёма трудозатрат собственной выработки (трудозатрат, направляемых на создание добавленной стоимости) как интегрированных наборов и сочетаний подсистемных факторов труда и овеществлённого капитала ($IEWC$).

– 3-й производственный EF – единичное значение производственной мощности ($IEWC = f(x)$). Он идентифицируется показателем объёма трудозатрат собственной выработки в установленный период продуктивного времени.

– 4-й производственный EF – единичное значение формализованного фактора себестоимости $IEWC$ как стоимости интегрированных наборов и сочетаний подсистемных факторов труда и капитала (S). В совокупном VPD отраслевого рынка формализованный показатель его среднерыночной величины (S_P) всегда идентифицируется соотношением «цена-качество» продукции, товаров и услуг ($S_P \geq S$).

– 5-й производственный EF – это формализованный фактор дискретной доли предприятия (Q) в совокупном VPD отраслевого рынка.

III. Теория факторов и логико-математические модели операционной системы.

В операционной системе логико-математическая модель производственной функции позволяет в формализованном виде описать минимальное количество затрат труда и капитала на производство максимального объёма продукции, товаров или услуг. Это её свойство показывает, каким образом конъюнктурные изменения на торговой площадке отраслевого рынка и рынках ресурсов могут отражаться на формализованном показателе производственной мощности предприятия, и каким образом предприятие может компенсировать это изменение.

Пример 1. Действительная величина показателя производственной мощности предприятия машиностроения, формализованного величиной показателя трудозатрат собственной выработки на единицу времени, в течение которого они будут предоставлены для производства продукции, товаров или услуг, в операционной системе моделируется многофакторным логико-математическим алгоритмом

$$Z = (N \times R \times F) / (S \times K_I \times P), \quad (4)$$

где:

Z – формализованный показатель производственной мощности, чел. ч;

N – формализованный производственный фактор численного состава всех категорий специалистов персонала предприятия, чел. в мес.;

R – формализованный подсистемный фактор (3), руб./чел. в мес.;

F – формализованный производственный фактор продуктивного рабочего времени, рабочих дней;

S – формализованный производственный фактор себестоимости одного чел.ч трудозатрат собственной выработки, руб./чел.ч;

K_1 – формализованный производственный фактор уровня капитализации труда персонала предприятия, безразмерный коэффициент;

P – формализованный производственный фактор календарного фонда рабочего времени, календарных дней.

Логико-математический алгоритм (4) в операционной системе при возможных изменениях любого из единичных значений производственных факторов (N, R, F, S, K_1 , и P) покажет новое количество продукции, товаров или услуг, которое предприятие будет способно предоставить на отраслевом рынке за один месяц.

Пример 2. Формализованный показатель доли предприятия (Q) в отраслевом рынке в операционной системе может быть смоделирован трёхфакторным логико-математическим алгоритмом

$$Q = S_p \times \Sigma Z_i + MP \quad (5)$$

где ΣZ_i – сумма формализованных факторов трудозатрат собственной выработки (IEWC) на постройку или ремонт судна, корабля или др. МО i -х систем производства в структуре предприятия, чел.ч.

Выводы. Новизна подхода в подобного рода исследованиях теории факторов производства в цифровой экономике даёт аппарат формализации элементов для логико-математического моделирования производственной функции в операционных системах предприятий судостроения и судоремонта.

По своей значимости полноценная разработка теории факторов позволяет представить в виде формальной системы элементов всеобъемлющее содержание производственно-технических действий персонала судостроительных и судоремонтных предприятий в цифровом формате, дело остаётся за «...неформализуемой работе с людьми».

Литература

1. **Боулдинг К.** Общая теория систем – скелет науки // Исследования по общей теории систем. М.: Прогресс, 1969.
2. **Бодров О.А.** Предметно-ориентированные экономические информационные системы / О.А. Бодров. М.: ГЛТ, 2013. 244 с.
3. **Власов С.В., Андрихин А.В.** Информационные технологии планирования и управления производством на судостроительной верфи // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального ун-та. 2018. № 2. 11 с.
4. **Власов С.В., Грибов К.В., Хе А.С.** Производственные информационно управляющие системы предприятий океанического машиностроения // Журнал Морские интеллектуальные технологии, 2 (Выпуск), 2013. с. 32-37.
5. **Власов С.В.** Технология и организация судоремонтного производства. Проектирование производственной функции судоремонтного предприятия: учебное пособие [Электронный ресурс] / Инженерная школа ДВФУ. Владивосток: Дальневост. фед. ун-т, 2019. CD. 129 с.
6. **Власов С.В.** Теория факторов в информационно-сопряжённых системах управления производством: монография / Политехнический институт (Школа) ДВФУ. Владивосток: Изд-во Дальневост. федерал. ун-та, 2020. 78 с.
7. Информационные системы и технологии / Под ред. Ю. Ф. Тельнова –М.: Юнити, 2017. 544 с.
8. Информационные технологии и вычислительные системы: Высокопроизводительные вычислительные системы. Математическое моделирование. Методы обработки информации / под ред. С.В. Емельянова. М.: Ленанд, 2012. 100 с.

9. International Standardization Association – 95: международный стандарт по интеграции производственных (АСУ ТП) и бизнес-систем (ИУС) на предприятии.
10. **Kominek D.** Effective OPC Security for Control Systems – Solutions you can bank on / D. Kominek, E. Byres [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.tofinosecurity.com/effective-POC-solutions>.
11. **Ойхман Е.Г., Попов Э.В.** Реинжиниринг бизнеса: Реинжиниринг организаций и информационные технологии М.: ФиС, 1997. 336 с.
12. **Пьявченко Т.А.** Автоматизированные информационно-управляющие системы с применением SCADA-системы Trace Mode:.. Уч. пос. / Т.А. Пьявченко. М.: Лань, 2015. 336 с.
13. Стандарт «ISA-95», «Enterprise-Control System Integration» (интеграция систем управления предприятием и технологическим процессом, www.isa-95.com).
14. Стандарт «ISA-88», «Batch Control» (управление периодическим производством определяет технологии управления периодическим производством, иерархию рецептур, производственные данные).