

Разработка модели данных для функционирования производственных активных элементов на основе информационного взаимодействия

И.Н. Хаймович^{1,2}, В.М. Рамзаев¹

¹Самарский университет государственного управления «Международный институт рынка», ул. Г.С. Аксакова, 21, Самара, Россия, 443030

²Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34А, Самара, Россия, 443086

Аннотация. В статье рассматривается конструкторско-технологическая подготовка производства как иерархическая активная система «центр-конструкторы-технологии». Описывается в формализованном виде модель функционирования производственного активного элемента, представляющая собой модель принятия решений. Оптимальное состояние, выбираемое каждым активным элементом как командой соответствующего подразделения, может отличаться от плановых состояний, определенных на основании критерия, характеризующего данный вид подготовки производства в целом, что приводит к возникновению противоречий в системе. Введена количественная оценка противоречивости между каждой командой и центром, и на этой основе сформулирована задача согласованного взаимодействия. Рассматривается информационный способ решения задачи согласованного взаимодействия с позиции интересов команд: наличие информационного ресурса в виде PDM/PLM – системы управления жизненным циклом изделия с внедренной технологией BIG DATA позволит создавать у конструкторов и технологов адекватное представление о действиях другой команды и достигать оптимального равновесия. Механизм формирования оптимального конструкторско-технологического решения связан с механизмом версий и организацией уровня обработки информации Product Event Management.

1. Введение

В современных условиях в организации машиностроительных производств активно используется единое информационное пространство (ЕИП), которое включает в себя всю информацию, связанную с изделием и обеспечивает информационную поддержку всех этапов жизненного цикла выпускаемой продукции, т.е. ЕИП должно стать единственным достоверным источником актуальных данных. Основу информационных данных предприятия составляют данные, полученные в процессе конструкторско-технологической подготовки производства. Так как при принятии согласованных решений между конструкторскими и технологическими службами приходится выполнять многократное внесение изменений, то количество конструкторско-технологической документации претерпевает многократное создание версий документов в базе данных предприятия. Особенно актуальным создание механизма версий становится в авиационно-космической отрасли, так как, в среднем, самолет состоит из нескольких миллионов изделий, изготовленных в разных областях земного шара из разных

материалов [12,13], и решение по каждому изделию принимается с использованием механизма версий. Для интеграции таких объемов данных используется механизм BIG DATA в системах управления данными об изделиях (PDM – системах), например в ПО TEAMCENTER.

Для отработки механизма версий необходимо размещение в базе данных всех согласованных решений между конструкторами и технологами. Рассмотрим необходимые и достаточные условия для обеспечения согласованного взаимодействия подразделений.

Актуальной задачей управления конструкторско-технологической подготовкой производства (КТПП) является задача координации ресурсных потоков между отдельными цехами и участками. Решение этой задачи связано с определением управляющих воздействий, представляющих собой плановые задания, на допустимые множества ресурсных потоков [11,14]. Однако, в последнее время для решения проблемы координации ресурсных потоков необходимо достижение согласованного (сбалансированного) взаимодействия подсистем КТПП, основанное на оценке их деятельности, для реализации требуемых целей управления. Процедура согласования в этом случае понимается как последовательное управление и достижение равновесия между локальными целями подсистем КТПП, подчиненных общей (глобальной) цели системы [8]. Поскольку полагается, что элементы системы имеют свои цели, то описание задачи управления и проработка механизмов управления будет описана в терминах систем с активными элементами (АЭ).

Рассмотрим схему управления системой конструкторско-технологической подготовки производства и формализуем задачу управления. Иерархическая система управления КТПП, представленная на рисунке 1, реализована в форме организационной системы (ОС), включающей управляющую подсистему верхнего уровня (центр), управляемые и одновременно управляющие подсистемы (АЭ) нижнего уровня, а также внешнюю среду. Центр – это руководитель ОС, активные элементы – это команды конструкторов (КАЭ) и технологов (ТАЭ), внешняя среда – это рынок сбыта или Заказчик. Объектом управления является проект изделия, включающий этапы и ресурсы жизненного цикла (ЖЦ) от проектирования до изготовления. Объект – продукция, обозначенная через Y характеризуется множеством глобальных параметров Q , представляющих собой список плановых требований к изделию (потребительских свойств изделия), оговоренных в техническом задании на проект изделия:

$$Q = Q(q_i^{kon}, q_j^{tec}), \quad i = 1, \dots, L; \quad j = 1, \dots, M, \quad (1)$$

где q_i^{kon}, q_j^{tec} – параметры ЖЦ изделия по конструкции и технологии производства, L – количество требований по конструкции, M – количество требований по технологии. В рассматриваемом случае вектор Q зависит только от конструкции изделия Y , т.е. в (1) вектор q^{kon} входит в явном виде, а вектор технологических параметров q^{tec} – в неявном. В каждый момент времени t ЖЦ продукция Y находится в состоянии $Y(Q(\dots, t))$. В этой связи глобальной целевой функцией центра является достижение состояния

$$Y_{opt}^{Hsu} = Y(Q(q_i^{kon}, q_j^{tec}, n, t)) \quad (2)$$

за время $t \leq t_\Sigma$, когда текущие параметры $Q(q_i^{kon}, q_j^{tec}, n, t) \approx Q$ достигают или качественно превосходят плановые значения Q . В зависимости (2) n – это плановые показатели по количеству (серии) изделий Y . Для достижения глобальной цели центр контролирует нижний уровень и генерирует плановые задания $x = \{Q, n, t_\Sigma\}$, а управляемые подсистемы нижнего

уровня осуществляют их реализацию, вырабатывая внутри АЭ свои собственные задания K_{xi} и T_{xi} – соответственно для КАЭ и ТАЭ (рисунок 1). Управление АЭ осуществляется коллективами людей – командами, которые способные достигать цели автономно [9],

последние представляют собой человеко-машинные системы, обеспечивающие выход продукции Y_t . Функция контроля центра осуществляется через мониторинг качественных характеристик Y_t , которые в КТПП связаны с контролируемыми параметрами в конструкции и технологии изделия [1]. Если процессы ЖЦ системы рассматривать с точки зрения документо-ориентированного подхода, то качество выпускаемой продукции в КТПП можно косвенно оценить по количеству проектной (конструкторской и технологической) документации с минимальным количеством вносимых изменений. Для достижения необходимого уровня качества требуется оптимизация целевых функций ТАЭ и КАЭ.

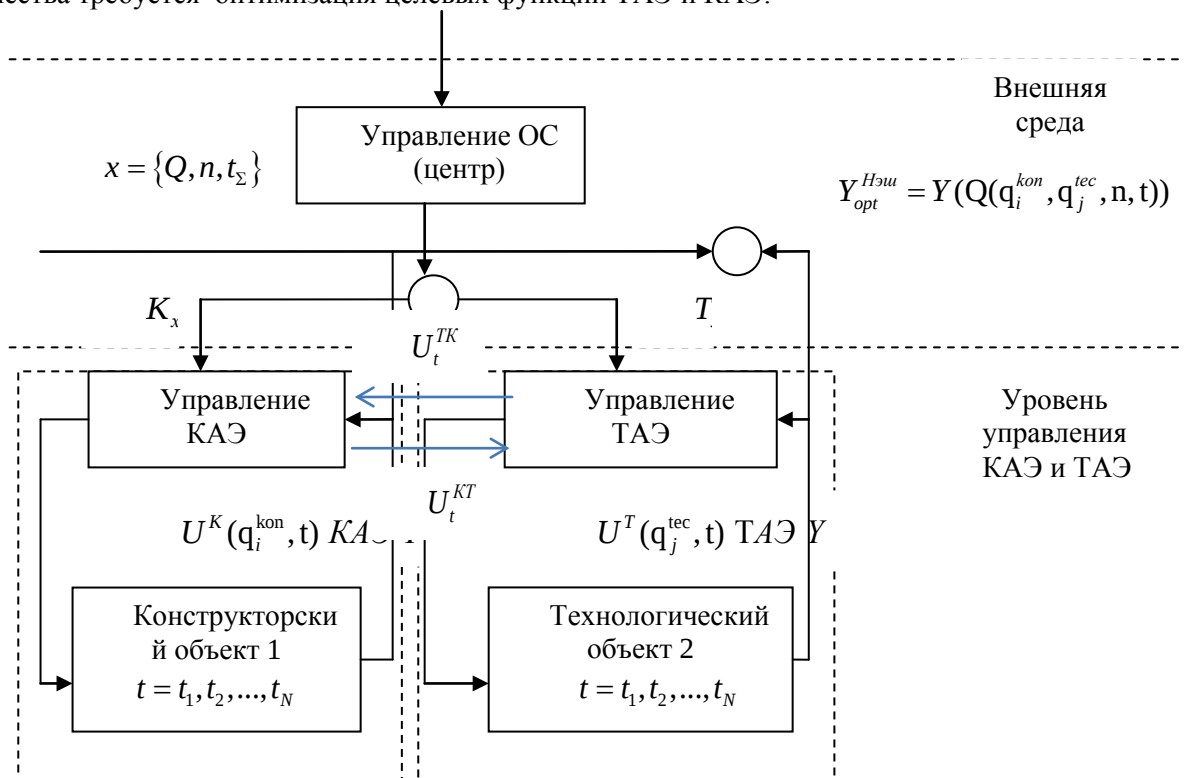


Рисунок 1. Структура системы управления КТПП с независимыми элементами.

Представим в формализованном виде модель управления системой КТПП, при этом для описания ее функционирования, как будет показано ниже, возможно применить теорию рефлексивных игр или методы сетевого программирования [2,3,10].

Управление в КТПП представляется в виде многопараметрической математической модели:

$$\begin{cases} t_{\min} = \arg \min_t Y_{opt}^{Hэи} \\ Y_{opt}^{Hэи} = Y(Q(q_i^{kon}, q_j^{tec}, n, t)) \\ q_i^{kon} \leq (q_i^{kon})_{gr}; q_j^{tec} \leq (q_j^{tec})_{gr} \end{cases}, \quad (3)$$

где $(q_i^{kon})_{gr}, (q_j^{tec})_{gr}$ - граничные значения параметров конструкции и технологии.

Как было отмечено выше, потребительские свойства Q изделия Y закладываются в параметрах конструкции q^{kon} и реализуются при достижении параметров q^{tec} технологии, хотя последние в явном виде в Q не входят. В формализованном виде связь между параметрами Q изделия и заложенными параметрами на этапах проектирования (конструкция) и производство (технология) можно представить в виде (4) и (5):

$$Q = [q_i^{kon}] \cdot M, \quad (4)$$

где M - матрица положительных коэффициентов влияния, $m_{ij} \geq 0$.

Неявный характер связи между Q и q^{tec} можно определить, если ввести матрицу коэффициентов корреляции K между конструкторскими и технологическими параметрами по (5):

$$[\Delta q^{tec}] = K \cdot [\Delta q^{kon}]^T, \quad (5)$$

где $\Delta q_i^{kon}, \Delta q_j^{tec}$ - изменения значений параметров q_i^{kon}, q_j^{tec} , k_{ij} - коэффициент корреляции $-1 \leq k_{ij} \leq 1$.

В настоящий момент времени не разработана однозначно рекомендуемая методика для расчета коэффициентов матрицы корреляции. Для определения ее коэффициентов, например, может быть предложен метод экспертных оценок. Исходными данными для анализа и расчета k_{ij} являются технические требования, содержащиеся в конструкторской документации на изделие и параметры типовых технологических процессов с привязкой к оборудованию конкретного производства.

Необходимо отметить, что между целевыми функциями КАЭ и ТАЭ – достижением требуемого уровня параметров q_i^{tec}, q_j^{kon} - часто существует противоречие, например требование снижения массы детали, закладываемое в ее конструкции, т.е. увеличение q_i^{kon} существенно снижает ее технологичность, т.е. уменьшает значение q_j^{tec} . Вследствие этого, если $k_{ij} < 0$, то для того, чтобы система была саморегулирующейся, т.е. пришла в состояние равновесия по Нэшу [9], требуется процесс согласования между конструкторами и технологами, поскольку существуют противоречия между целевыми функциями достижения $q_i^{kon} \rightarrow \max_i, q_j^{tec} \rightarrow \max_j$.

Пусть имеется Y объект производства - конструкция изделия, тогда $\Omega(Y)$ интерпретируется как внешняя среда, где $Q(\{q_m^{kon}, q_n^{tec}\})$ – параметры объекта производства, $w(\{p_i^{kon}, p_j^{tec}\}, Q)$ – отображение объекта производства в конструкторской и технологической документациях, где p_i^{kon}, p_j^{tec} – действия конструкторов и технологов, приводящих соответственно к результатам q_m^{kon}, q_n^{tec} . Если совокупные действия $\{p_i^{kon}, p_j^{tec}\} \in P_{opt}$, то справедливо равновесие Нэша в виде:

$$\begin{aligned} E_N(\theta) = \{ \{p_i^{kon}, p_j^{tec}\}_{i \in I, j \in J} \in P_{i,j} \mid \forall i \in I, \forall j \in J, \forall \{y_i^{kon}, y_j^{tec}\} \in P_{i,j} \\ f_i(\theta_i, \{p_i^{kon}, p_j^{tec}\}_1, \dots, \{p_i^{kon}, p_j^{tec}\}_n) \geq f_i(\theta_i, (\{p_i^{kon}, p_j^{tec}\}_1, \dots, \{p_i^{kon}, p_j^{tec}\}_{i-1}, \{y_i^{kon}, y_j^{tec}\}_i, \\ \{p_i^{kon}, p_j^{tec}\}_{i+1}, \dots, \{p_i^{kon}, p_j^{tec}\}_n) \}, \\ \text{где } \theta \in \Omega^n(Y). \end{aligned} \quad (6)$$

Таким образом, для формализованной системы КТПП при условии функционирования системы во временном интервале, когда она последовательно проходит через состояния $t_1, \dots, t_n$

необходимым условием согласования взаимодействия между КАЭ и ТАЭ для выполнения (3) является достижение равновесия по Нэшу.

Для того, чтобы равновесие по Нэшу выполнялось, согласно теории рефлексивных игр [7] игроки (в нашем случае конструкторы и технологи) должны иметь адекватные представления о действиях другой команды. Наличие информационного ресурса – PDM/PLM системы управления ЖЦ изделия Y является необходимым условием выполнения (6) и, следовательно, (3).

Определимся с достаточным условием выполнения (3), т.е. проведем обоснование условий и механизмов саморегуляции системы. Помимо выполнения плановых заданий центра K_{xi}, T_{xj} игроки (КАЭ и ТАЭ) вступают во взаимодействия между собой, для чего осуществляют воздействия $U^{KT}(q_i^{kon}, q_j^{tec}, t)$ и $U^{TK}(q_i^{kon}, q_j^{tec}, t)$ на рисунке 1. В качестве примера таких воздействий из сложившейся практики КТПП на машиностроительных предприятиях можно отнести этап технологического согласования конструкторской документации. Очевидно, что для достижения равновесия по (6) воздействия $U^{KT}(q_i^{kon}, q_j^{tec}, t)$ и $U^{TK}(q_i^{kon}, q_j^{tec}, t)$ должны быть целенаправленными. Под целенаправленностью в данном контексте понимаются такие действия игроков $p_i^{kon} = p_i^{kon}(U^K, U^{KT})$, $p_j^{tec} = p_j^{tec}(U^T, U^{TK})$ по (6), чтобы K_{xi}, T_{xj} выполнялись сбалансированно. Иными словами КАЭ и ТАЭ должны быть заинтересованы в результатах действий противоположной команды.

Целенаправленность $U^{KT}(q_i^{kon}, q_j^{tec}, t)$ и $U^{TK}(q_i^{kon}, q_j^{tec}, t)$ может быть достигнута за счет введения механизма взаимной заинтересованности игроков (КАЭ и ТАЭ) в достижении цели центра, например, через механизм стимулирования с ограничением по времени проекта t_Σ . В этом случае механизм стимулирования выступает как достаточное условие выполнения (3). В качестве примера рассмотрим упрощенную схему реализации такого механизма на основе премиальных систем стимулирования [4,7].

2. Механизм стимулирования в задачах согласованного взаимодействия с ограничением временного ресурса $t \leq t_\Sigma$

Общий вид модели стимулирования производственных активных элементов в КТПП можно записать в следующей форме:

$$\begin{cases} V_n = f(K_{изм}(D_n)) \rightarrow \max \\ \sum_{j=1}^{m1} \sum_{k=1}^{m2} \delta_{jk} \Delta t_k \leq t_\Sigma \\ q_i^{kon} \leq (q_i^{kon})_{gr}; q_j^{tec} \leq (q_j^{tec})_{gr} \end{cases}, \quad (7)$$

где V_n – величина ресурса стимулирования, $K_{изм}$ – количество изменений документа, D_n – рабочий документ, n – количество документов, $m1$ – количество сотрудников в конструкторском и технологическом подразделениях, $m2$ – количество документов с элементами ЖЦД, t_Σ – норма времени на КТПП, δ_{jk} – элемент матрицы компетенций сотрудника, Δt_k – изменение трудоемкости разработки документа за счет согласованных решений на основе $U^{KT}(q_i^{kon}, q_j^{tec}, t)$ и $U^{TK}(q_i^{kon}, q_j^{tec}, t)$.

Требуется в соответствии с документо – ориентированным подходом к КТПП минимизировать количество изменений документов (конструкторских и технологических) за счет привлечения ресурса стимулирования V_n , оптимизируя организационный ресурс ($U^{KT}(q_i^{kon}, q_j^{tec}, t)$ и $U^{TK}(q_i^{kon}, q_j^{tec}, t)$). В результате сотрудник подразделения может обработать

большее количество документов (D_n), за счет оптимизации ЖЦ документа (уменьшение количества и сокращение времени этапов). Упрощенно каждый документ проекта проходит следующие этапы ЖЦ: $D(P, Y, И, Y_2)$, где P – разработка с трудоемкостью ($t_{раз}$), Y – утверждение ($t_{утв}$), $И$ – изменение ($t_{изм}$), Y_2 – утверждение ($t_{утв}$). При оптимизации за счет уменьшения изменений происходит перераспределение в матрице компетенций (таблица 1).

Таблица 1. Матрица компетенций организационной системы с параметром δ_{jk} .

Сотрудники	Документы (по этапам проектирования) с элементами ЖЦД							
	D_p^1	D_y^1	$D_{и}^1$	D_{y2}^1	D_p^2	D_y^2	$D_{и}^2$	D_{y2}^2
1	1	0	1	0	1	0	1	0
....								
k	0	1	0	1	0	1	0	1

$\delta_{jk} = 1$, если сотрудник работает с документом; 0 – иначе.

Объединение работ с документами для конкретного специалиста происходит, если объем работ меньше соответствующей величины, т.е. $\Lambda = \{O_j \leq K_{tj}Z_i\} = 1$, то работа j выполняется I сотрудником; если 0, то добавляем работу специалисту, где K – количество сотрудников, работающих над проектом, Z – занятость сотрудников, t – трудоемкость разработки документа.

Мотивацией уменьшения количества изменений в конструкторских и технологических подразделениях может служить премиальная система: уменьшение изменений на 10% приводит к увеличению премии на 10%, т.е. формируется зависимость: $V_n = f(K_{изм})$, где V_n – величина премии, $K_{изм}$ – количество изменений документа (рисунок 2).

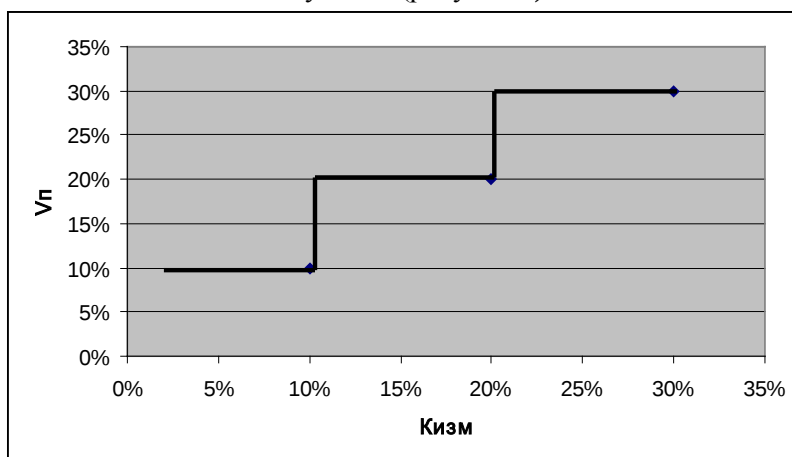


Рисунок 2. Зависимость величины премии (V_n) от уменьшения количества изменений документов ($K_{изм}$).

Зависимость величины ресурса стимулирования от уменьшения количества изменений можно проиллюстрировать следующим примером. Имеются 2 сотрудника из разных подразделений с компетенциями из таблицы 1. При согласованном взаимодействии по (3) произошло сокращение времени на разработку КД у 1 сотрудника на 10 дней, у 2 сотрудника произошло сокращение времени на разработку ТД на 20 дней, весь проект занимал 150 дней (t_Σ).

$$\sum_{j=1}^{m1} \sum_{k=1}^{m2} \delta_{jk} \Delta t_k = 1 \cdot 10 + 1 + 1 + 1 + 1 \cdot 20 + 1 + 1 + 1 \leq t_\Sigma = 150.$$

Ограничение примет вид:

Величину премии на согласованное взаимодействие определяем из целевой функции (7) и графика на рисунке 2. Так как сокращение времени на разработку уменьшилось на 30 дней (или 20% от 150 дней разработки всего проекта), то по графику величина премиальной выплаты должна составить 20% от базовой величины V_n .

3. Реализация механизма стимулирования в конструкторско-технологической подготовке производства с использованием уровня обработки информации

Разработанный выше механизм стимулирования при согласовании интересов в КТПП может быть реализован в среде единого информационного пространства предприятия. Для реализации необходимо разработать структуру уровня обработки информации через интеграцию моделей данных систем управления данными об изделии (PDM) и систем управления событиями (PEM).

Модель данных в PDM – системе должна состоять из данных о конструкции изделия в виде дерева деталей и сборочных единиц, данных об атрибутах и связях между элементами дерева проектов, данных геометрии изделия в виде 3D – моделей. Также модель данных должна содержать комплект конструкторско-технологической документации и данные об извещениях об изменении и предварительных извещениях об изменении после отработки блока «Согласование» с механизмом стимулирования.

Модель классов в PEM – системе может быть размещена с использованием технологии Big Data для хранения информации об изменениях конфигураций конструкций и технологий по всем деталям и сборочным единицам изделия, данные о событиях изменения версий и выполнения задач, а также при создании облачных сервисов по обработке и анализу данных.

Технология Big Data состоит из двух компонентов: это распределенная кластерная система и программный интерфейс. В основе работы этих технологий лежат три основных принципа. Во – первых, данные равномерно распределяются на внутренних дисках множества серверов, а в системах конструкторско-технологической подготовки производства данные по конструкции и технологии находятся на разных серверах, а при работе с авиационным кластером и на различных континентах. Во – вторых, не данные передаются программе обработки, а программа – к данным. Третий принцип – данные обрабатываются параллельно, причем эта возможность заложена архитектурно в программном интерфейсе. Таким образом, вместо привычной концепции «база данных - сервер» имеется кластер из множества недорогих узлов, каждый из которых является и хранилищем, и обработчиком данных, а само понятие «база данных» отсутствует. Подобная система обладает двумя важными характеристиками: любой сложный анализ большого объема данных сводится к их обработке на локальных дисках сервера, т.е. максимально возможное время реакции известно заранее; система масштабируется симметрично и линейно, т.е. время обработки не зависит от их объема [5].

На производственных предприятиях по концепции CALS данные классы систем будут составлять единое информационное пространство предприятия и хранить всю информацию, связанную с информационной поддержкой всех этапов жизненного цикла изделия, то есть стать единственным достоверным источником актуальных данных.

Накопленная информация в области конструкторско-технологической подготовки производства на предприятии является важным активом, но время, затрачиваемое на поиск в огромных массивах данных, не оправданно растягивает процесс производства. На авиационных и автомобильных предприятиях необходимость внедрения технологий обработки больших данных ранее отсутствовала, поскольку данные у конструкторов и технологов были структурированные и для работы со структурированным потоком данных существовала реляционная модель данных и системы управления БД, но при появлении огромного потока неструктурированных данных, связанных с данными о работе оборудования в технологических процессах, в извещениях об изменении после выявления дефектов в опытных образцах изделий, получаемых с помощью звуковых и потоковых данных с разнообразных счетчиков и т. д., прежние подходы перестали работать. Актуальность данной проблемы привела к постоянно растущему интересу к технологиям класса Big Data и появлению новых модулей в PDM – системах (например, TEAMCENTER: Большие Данные).

Данные модули позволяют модернизировать единое информационное пространство предприятия с учетом обеспечения требуемого уровня качества, как выпускаемой продукции, так и производственных процессов в целом, в условиях постоянного совершенствования продукции через извещения об изменении, сокращение сроков конструкторско-

технологической подготовки производства и через применение современных методов оперативного планирования, основанных на актуальной информации с использованием средств защиты данных в виде таблиц с разграничением прав доступа к информации.

Целью интеграции информационных ресурсов предприятия является обеспечение эффективного взаимодействия конструкторов и технологов, а также накопление структурированных и неструктурированных данных, их распределение и качественная обработка с последующим составлением статистики на их основе.

Общая структура модели новых классов в PDM – системе и в PDM – системе показана на рисунке 3.

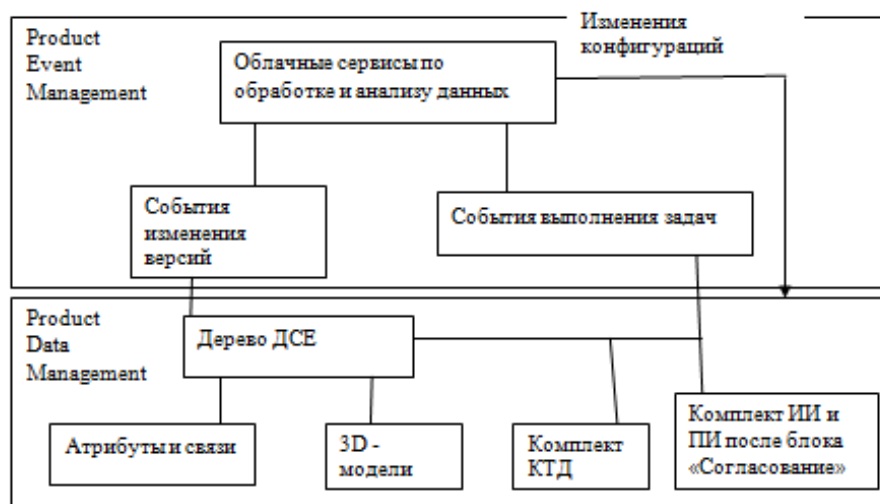


Рисунок 3. Уровни представления данных в едином информационном пространстве.

4. Результаты и обсуждение

Процесс КТПП можно описать формализовано как иерархическую активную систему «центр-конструкторы-технологии» в КТПП, при этом модель функционирования производственного активного элемента в системе представляет собой модель принятия решений. Целенаправленное решение, выбираемое каждым активным элементом как командой, приводит к определенному состоянию системы и может отличаться от плановых состояний, определенных центром. Последнее приводит к возникновению противоречий в системе [6]. В связи с этим введена количественная оценка противоречивости решений между командами и сформулирована задача согласованного взаимодействия. Установлено на основе уравнения Нэша, что возможно сбалансированное решение противоречий между активными элементами системы – конструкторами (КАЭ) и технологами (ТАЭ). В связи с последним обосновывается, что взаимный учет целей активных элементов помимо целей центра, является необходимым условием при управлении КТПП в режиме саморегуляции.

Достижение согласованного равновесия (по воздействиям и целям подсистем) можно достичь при введении механизма стимулирования активных элементов. Задача синтеза согласованного взаимодействия в КТПП может быть решена путем выбора для активных элементов функций дополнительного эффекта, связанных с премиальными выплатами за уменьшение изменений в документах, являющихся переменной частью их целевых функций.

Реализация разработанного механизма возможна при создании нового уровня PDM в едином информационном пространстве предприятия, обеспечивающего согласованную работу конструкторов и технологов через механизм версий. Таким образом, при внедрении технологий BIG DATA на предприятии одновременно решаются несколько задач: сокращение срока выпуска изделия за счет обеспечения быстрого поиска информации и уменьшения времени ее обработки, обеспечение быстрого обмена информацией между удаленными филиалами и подразделениями, обеспечение согласованной работы конструкторов и

технологов через механизм версий. Это обеспечит развитие единого информационного пространства предприятия, сохранит соответствие реальным производственным процессам и повысит его конкурентоспособность.

5. Литература

- [1] Балашов, В.Г. Задача назначения центра в линейной активной системе / В.Г. Балашов, А.Ю. Заложнев, Д.А. Новиков // *АиТ*. – 2002. – №12. – С. 92-95.
- [2] Бурков, В.Н. Метод сетевого программирования в управлении целевыми программами / В.Н. Бурков, И.В. Буркова // *АиТ*. – 2014. – № 3. – С. 73-86.
- [3] Буркова, И.В. Метод сетевого программирования в задачах нелинейной оптимизации / И.В. Буркова // *АиТ*. – 2009. – №10. – С.15-21.
- [4] Заложнев, Д.А. Модели тарифно-премиальных систем стимулирования / Д.А. Заложнев, А.О. Калашников, Д.А. Новиков // *АиТ*. – 2007. – №3. – С.142-153.
- [5] Иващенко, А.В. Управление проектами в едином информационном пространстве научно-производственного предприятия в контексте BIGDATA / А.В. Иващенко, О.В. Двойнина, А.М. Леднев // *Интеллект. Инновации. Инвестиции*. – 2015. – №2. – С.58-64.
- [6] Кириченко, А.С. Согласование механизмов управления процессами конструкторско-технологической подготовки производства на уровне сотрудников подразделений / А.С. Кириченко, И.Н. Хаймович // *Вестник СГАУ*. – 2011. – №2. – С.276-281.
- [7] Леонтьев, С.В. Критериальное и мотивационное управление в активных системах / С.В. Леонтьев, Д.А. Новиков, С.Н. Петраков // *АиТ*. – 2002. – №7. – С.107-116.
- [8] Морозов, В.В. Распределение материального стимулирования сотрудников при согласовании интересов в конструкторско-технологической подготовке производства / В.В. Морозов, А.С. Кириченко, И.Н. Хаймович // *Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением*. – 2013. – №3. – С.42-48.
- [9] Новиков, Д.А. Математические модели формирования и функционирования команд / Д.А. Новиков. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 2008. – 139 с.
- [10] Новиков, Д.А. Модели стратегической рефлексии / Д.А. Новиков // *АиТ*. – 2012. – № 1. – С. 3-23.
- [11] Geraskin, M.I. Algorithms of the information stimulation system of Russian citizens' socio-optimal actions / M.I. Geraskin // *CEUR Workshop Proceedings*. – 2017. – Vol. 1903. – P. 92-99.
- [12] Grechnikov, F.V. Development of the requirements template for the information support system in the context of developing new materials involving Big Data / F.V. Grechnikov, A.I. Khaimovich // *CEUR Workshop Proceedings*. – 2015. – Vol. 1490. – P.364-375.
- [13] Grechnikov, F.V. Development of the manufacturing process of aluminium alloys with high strength and conductance / F.V. Grechnikov, E.G. Dem'yanenko, I.P. Popov // *Russian Journal of Non-Ferrous Metals*. – 2015. – Vol. 56(1). – P.15-19.
- [14] Haimovich, I.N. Improvement of Technological Process of Multiproduct Production on the Bases of Simulation Modeling of Production Unit / I. N. Haimovich, M.A. Frolov // *Key engineering materials*. – 2016. – Vol. 684. – P.487-507.

Development of data model for production active elements functioning on the basis of information interaction

I.N. Khaymovich^{1,2}, V.M. Ramzaev¹

¹Samara University of Public Administration "International Market Institute", 21, G.S. Aksakova Street, Samara, , Russia ,443030

²Samara National Research University, Moskovskoe Shosse 34A, Samara, Russia, 443086

Abstract. The article discusses the design and technological preparation for production as a hierarchical active system "center-designers-technologists". Model of the active element, which is a decision-making model, is described in a formalized form of the production. Optimal state, selected by every active element as team of the relevant branch, may differ from the planned states defined on the basis of a criterion which characterizes this type of pre-production as a whole, which leads to contradictions in the system. The paper introduces a quantitative assessment of inconsistency between each team and the center, and on this basis, the authors stated the task of coordinated interaction. The authors suggest the informative way to solve the task of coordinated interaction depending on the team interests: information resource in the form of PDM/PLM – product lifecycle management using Big Data technology will allow designers and technologists to create adequate model about other team actions and reach optimal equilibrium. The mechanism of making effective design and engineering solution is connected with mechanism of options and Product Event Management.

Keywords: design and technological preparation, information management, data management system (PDM), System Product Event Management (PEM), BIG DATA.