

Огрызков Станислав Анатольевич

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ (ИСУ) ПРОИЗВОДСТВА ЛИСТОВОГО СТЕКЛА**

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук  
по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление  
и обработка информации (промышленность)»

Научный руководитель:  
к. т. н., доц. Хорошева Е. Р.

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ГЛАВА 1. ИСУ ПРОИЗВОДСТВА ЛИСТОВОГО СТЕКЛА .....	10
1.1. Место ИСУ в общей системе управления .....	10
1.2. Системы управления, интегрируемые в ИСУ .....	12
1.3. Процесс производства листового стекла .....	15
Выводы по главе 1 .....	18
ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИИ И СПОСОБЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИСУ .....	19
2.1. Моделирование организационной структуры .....	26
2.2. Функциональное (процессное) моделирование .....	28
2.3. Моделирование потоков данных .....	29
2.4. Способы разработки интегрированной модели .....	31
Выводы по главе 2 .....	33
ГЛАВА 3. МЕТОДИКА СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА МОДЕЛЕЙ ИСУ .....	34
3.1. Обоснование и выбор варианта интеграции .....	34
3.2. Структурный анализ полииерархической IDEF0-модели .....	48
3.3. Структурный анализ полииерархической DFD-модели .....	58
Выводы по главе 3 .....	69
ГЛАВА 4. ВНЕДРЕНИЕ ИСУ В ПО «ПОЛИРОВАННОЕ СТЕКЛО» .....	70
4.1. Построение процессной модели существующей системы управления качеством .....	70
4.2. Построение полной модели будущей ИСУ .....	93
4.3. Результаты сертификации подсистем ИСУ .....	100
4.4. Оценка эффективности функционирования подсистем ИСУ .....	101
Выводы по главе 4 .....	113
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	114
ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ .....	116
ПРИЛОЖЕНИЕ А. ПРИМЕР IDEF0-ДИАГРАММЫ И ГЛОССАРИЯ .....	125
ПРИЛОЖЕНИЕ В. ПРИМЕР DFD-ДИАГРАММЫ И МИНИСПЕЦИФИКАЦИИ .....	128
ПРИЛОЖЕНИЕ С. СТРУКТУРА IDL-ФАЙЛА IDEF0-МОДЕЛИ .....	130

ПРИЛОЖЕНИЕ D. ИСХОДНЫЙ ТЕКСТ ПРОГРАММЫ ПЛАНАРИЗАЦИИ ...	132
ПРИЛОЖЕНИЕ E. АКТЫ ВНЕДРЕНИЯ .....	151

## ВВЕДЕНИЕ

Любой вид производственной деятельности человека, в конечном счёте, сводится к созданию либо продукции, либо услуг. В рыночных условиях эффективность этой деятельности определяется двумя параметрами: качеством [1] и ценой. Цена, безусловно, отражает качество. Спрос на продукцию и услуги определяется соотношением «цена/качество». В конкурентной борьбе, побеждает тот, у кого при сопоставимой цене выше качество.

Качество формируется на следующих базовых предпосылках [2]:

- наличии нормативной базы, которая задает образец (норму) производимой продукции или услуг;
- уровне инженерной подготовки производства (технологии, оборудование, средства и методы контроля и т. д.);
- уровне подготовки персонала;
- уровне организации управления производством;
- знании рынка продукции и услуг;
- состоянии международного рынка.

Цена и качество определяют востребованность продукции и услуг на рынке.

Гарантия качества в рыночных условиях в соответствии с международной практикой чаще всего даётся в виде документа (сертификата), который свидетельствует о соответствии фактических параметров продукции (услуг) нормативам. Установление соответствия продукции (услуг) нормам, или сертификация, – общепризнанная в международной практике процедура. Соответствие может устанавливаться при оценке продукции (услуг), производства и системы качества предприятия (организации) в целом.

С 1947 года Международная организация по стандартизации (*International Organization for Standardization, ISO*) ведёт разработку технических стандартов, но только появление в 1987 году серии стандартов

систем качества ISO 9000 привлекло всеобщее внимание к её деятельности [3]. Последнее издание ISO 9000:2000 имеет структуру, аналогичную структуре ISO 14000:1996 по управлению окружающей средой, а в дальнейшем и стандартов OHSAS 18000 по профессиональной безопасности и охране труда, что предусматривает улучшенную совместимость этих стандартов с целью удобства использования.

Мировые тенденции глобализации и интеграции, в том числе в сфере экономики, привели к появлению модели так называемой *интегрированной системы управления (ИСУ, в оригинале – Integrated Management System, IMS [4])*. Эта модель изначально подразумевала создание и развитие единой системы управления качеством (ISO 9000), экологической безопасностью (ISO 14000), профессиональной безопасностью и охраной труда (OHSAS 18000) на предприятии, в рамках единой организационной структуры (Рис. 1).

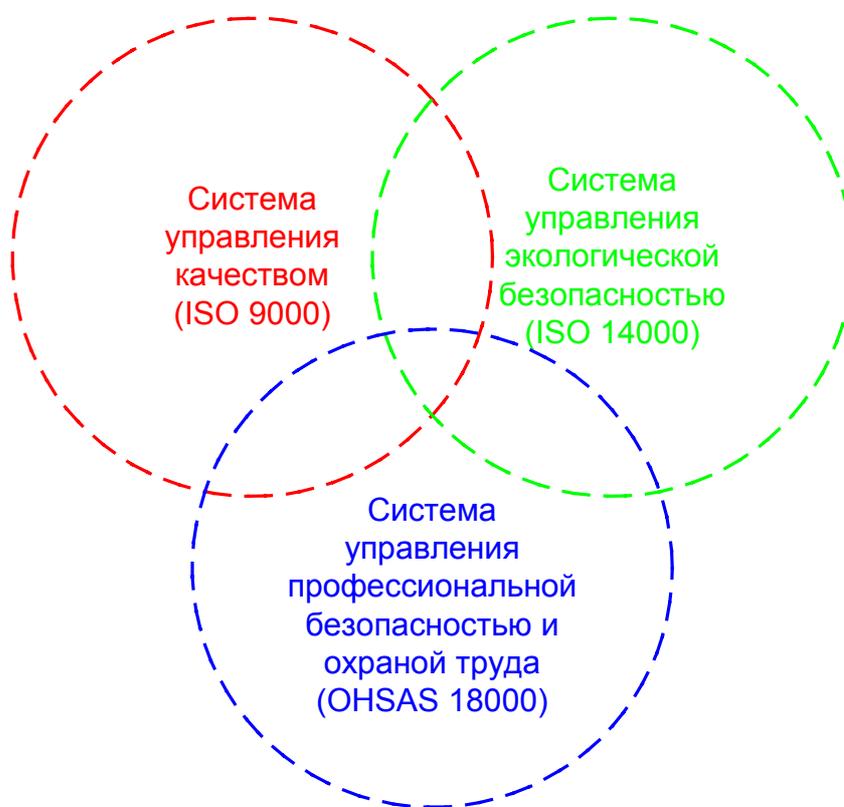


Рис. 1. *Интегрированная система управления*

Изначально существовали концепции только отдельных систем управления: системы управления качеством [5], потом системы управления

экологической безопасностью, потом системы управления профессиональной безопасностью и охраной труда, и т. д. Наибольшее распространение получили те из них, что появились раньше – в частности, система управления качеством имеет наилучшее обеспечение как с теоретической точки зрения (отечественные работы Адлера Ю. П., Свиткина М. З., Василевской С. В. и др. авторов журнала *«Методы менеджмента качества»*, Венецкого И. Г., Длина А. М., работы американцев Шухарта В., Деминга Э., Фейгенбаума А. и др. [6]), так и с практической (тысячи предприятий по всем миру внедрили системы управления качеством).

Большую работу по популяризации систем управления качеством в России проделали Никифоров А. Д. [7], Федюкин В. К. [8] и др. Немалый вклад внесли и сотрудники Владимирского государственного университета (ВлГУ), в частности, кафедры информационных систем и информационного менеджмента (ИСИМ), где в рамках многолетнего сотрудничества с ОАО *«Борский стекольный завод»* ещё в начале 2000-х годов научный коллектив под руководством д. т. н., проф. Макарова Р. И. начал разрабатывать концепцию эффективного построения и внедрения системы управления качеством [9]. Хотелось бы отметить вклад в эту работу не только сотрудников кафедры, но и представителей самого завода, в частности, генерального директора ОАО *«Борский стекольный завод»*, д. т. н. Тарбеева В. В. [10], технического директора, к. т. н. Чуплыгина В. Н. [11], начальника производства, к. т. н. Молодкина А. В. [12] и заместителя начальника производства ПО *«Полированное стекло»*, к. т. н. Попова Ю. М. [13].

Чуть позднее и далее параллельно начала развиваться теория и практика систем управления экологической безопасностью. И на этом поприще сотрудничество кафедры ИСИМ ВлГУ и ОАО *«Борский стекольный завод»* продолжилось.

С появлением и развитием третьей концепции, системы управления профессиональной безопасностью и охраной труда, соответствующая система управления стала формироваться на базе отдела охраны труда ОАО *«Борский стекольный завод»*, а параллельно в рамках того же

сотрудничества завода и кафедры ИСИМ ВлГУ начала прорабатываться концепция ИСУ с перспективой её реального внедрения на заводе (впоследствии состоявшегося).

Нельзя не отметить, что мощную основу для развития теории управления качеством и концепции ИСУ, прежде всего применительно к стекольному производству, заложили труды отечественных академиков в области химической технологии и стекольного производства Кафарова В. В. [14], Китайгородского И. И. [15], Саркисова П. Д. [16], а также академика в области теории систем и управления Прангишвили И. В. [17].

К сожалению, в силу, прежде всего, относительной молодости концепции ИСУ по вопросам построения систем такого класса имеется мало информации, как у нас, так и за рубежом. Большинство публикаций, которые можно встретить, носят рекламный характер и исходят от организаций, оказывающих консалтинговые услуги. Существуют ещё отдельные фрагментарные публикации, например, Свиткина М. З. [18], Казмировского Е. Л. [19, 20], Аванесова Е. К. [21]. Позднее методические основы построения ИСУ были также затронуты в докторской диссертации Тарбеева В. В. [10].

На момент начала работ по созданию ИСУ в ПО *«Полированное стекло»* ОАО *«Борский стекольный завод»* (2003 год) не было известно ни об одном отечественном предприятии, успешно внедрившем у себя систему управления такого класса – первые такие предприятия (ОАО *«Сильвинит»* [22], ОАО *«Богословский алюминиевый завод»* [23], ОАО *«Архангельский целлюлозно-бумажный комбинат»* [24], ОАО *«Нойзидлер Сыктывкар»* [25] и ОАО *«Тензор»* [26]) появились лишь в 2004 году. Позднее, вслед за *«Борским стекольным заводом»* ИСУ были внедрены в ОАО *«Ангарская нефтехимическая компания»* [27], ОАО *«Дальневосточное морское пароходство»*, ГУП *«Водоканал Санкт-Петербурга»*, ОАО *«ТНК-Нягань»*, ОАО *«Каменск-Уральский металлургический завод»*, ОАО *«Русские краски»*, ЗАО *«Лукойл-Черноморье»*, ОАО *«Соломбальский целлюлозно-бумажный комбинат»*, ОАО *«Славнефть-Ярославнефтеоргсинтез»*, ОАО

«КамАЗ» и др. [28], однако опыт внедрения ИСУ на этих предприятиях большей частью остался закрытым от общественного доступа.

Отсутствие широкого практического опыта по созданию ИСУ в нашей стране, а также научной проработки этого вопроса обусловили актуальность темы настоящей диссертации, **целью** которой является повышение эффективности функционирования систем управления качеством, экологической безопасностью, профессиональной безопасностью и охраной труда на производстве полированного стекла за счёт их интеграции в единую систему управления. Поставленная в работе цель достигнута за счёт решения следующих **задач**:

1. Определено место ИСУ в общей структуре управления производством листового стекла.

2. Предложена методика выбора варианта интеграции систем управления качеством, экологической безопасностью, профессиональной безопасностью и охраной труда на производстве листового стекла, в единую систему.

3. Разработана модель ИСУ ПО «*Полированное стекло*» ОАО «*Борский стекольный завод*», соответствующая требованиям российских и международных стандартов ГОСТ Р ИСО 9001 (ISO 9001), ГОСТ Р ИСО 14001 (ISO 14001) и OHSAS 18001.

4. Предложена методика структурного анализа полииерархических моделей с использованием аппарата теории графов, включая алгоритмы планаризации IDEF0- и DFD-моделей (приведения их к орграфам).

5. Составлен алгоритм автоматизации процедуры структурного анализа полииерархических IDEF0-моделей, включая автоматическую планаризацию.

Так как данные задачи решались в рамках нескольких хоздоговорных НИР, выполнявшихся кафедрой ИСИМ ВлГУ для ОАО «*Борский стекольный завод*», то и результаты диссертационной работы были внедрены, прежде всего, в его производственном объединении (ПО) «*Полированное стекло*».

Кроме этого, результаты диссертационной работы нашли своё отражение в составе курса «*Корпоративные информационные системы*»,

читаемого автором работы для студентов специальности 230201 «*Информационные системы и технологии*» на кафедре ИСИМ ВлГУ, в частности, в виде методических указаний к выполнению курсовой работы по данной дисциплине [29].

## ГЛАВА 1. ИСУ ПРОИЗВОДСТВА ЛИСТОВОГО СТЕКЛА

ИСУ относится к организационно-методическим системам масштаба предприятия, является крупной и сложной системой. Создание (внедрение) такой системы на практике и её последующая модернизация требует использования системного подхода [72] к анализу организационной структуры, анализу и синтезу бизнес-процессов предприятия, что подразумевает осуществление информационного моделирования, реинжиниринг бизнес-процессов и оценку эффективности [54].

### 1.1. Место ИСУ в общей системе управления

Под ИСУ надо понимать часть системы общего управления предприятием, отвечающую требованиям двух и более международных стандартов на системы управления и функционирующую как единое целое. ИСУ не следует отождествлять с системой общего управления предприятием, объединяющей все аспекты её деятельности [18]. В этом плане понятие ИСУ носит ограниченный характер, хотя и является более комплексным, чем понятие о каждой из тех отдельных систем управления (качеством [9], экологической безопасностью, профессиональной безопасностью и охраной труда, и пр.), которые объединены в ИСУ.

Однако даже при внедрении на предприятии всех действующих в настоящее время международных стандартов на системы управления ИСУ не будет тождественна системе общего управления предприятием (Рис. 2), так как область ее распространения пока еще не включает маркетинг, управление финансами, кадрами, инновациями, рисками и др. [45]. О тождественности понятий «ИСУ» и «система общего управления» можно будет говорить лишь после того, как будут разработаны стандарты на все области управления. Исходя из этого, логично предположить, что создание такой ИСУ будет происходить до тех пор, пока не будут стандартизированы все области управления, а это может оказаться неопределенно длительным процессом.

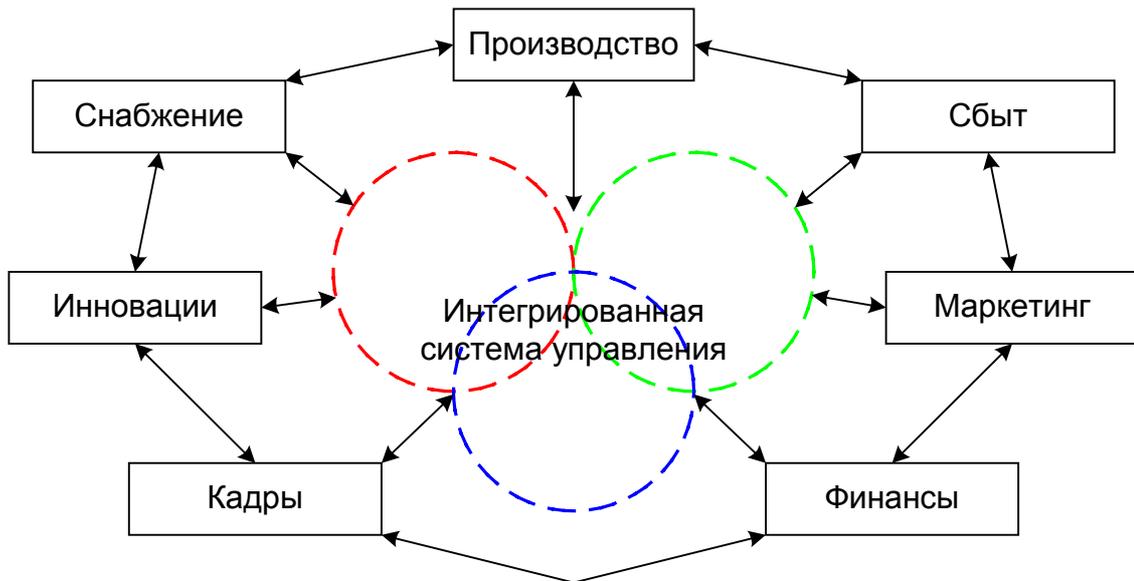


Рис. 2. Место ИСУ в общей системе управления

Между тем данный процесс, видимо, может быть ускорен путём разработки универсального международного стандарта на систему общего управления предприятием. Постановка такой проблемы представляется достаточно обоснованной и реальной, если обратиться к отечественному опыту создания еще в начале 1980-х годов ГОСТ серии 24525 [46] (стандарт отменён) на управление производственным объединением и промышленным предприятием [18].

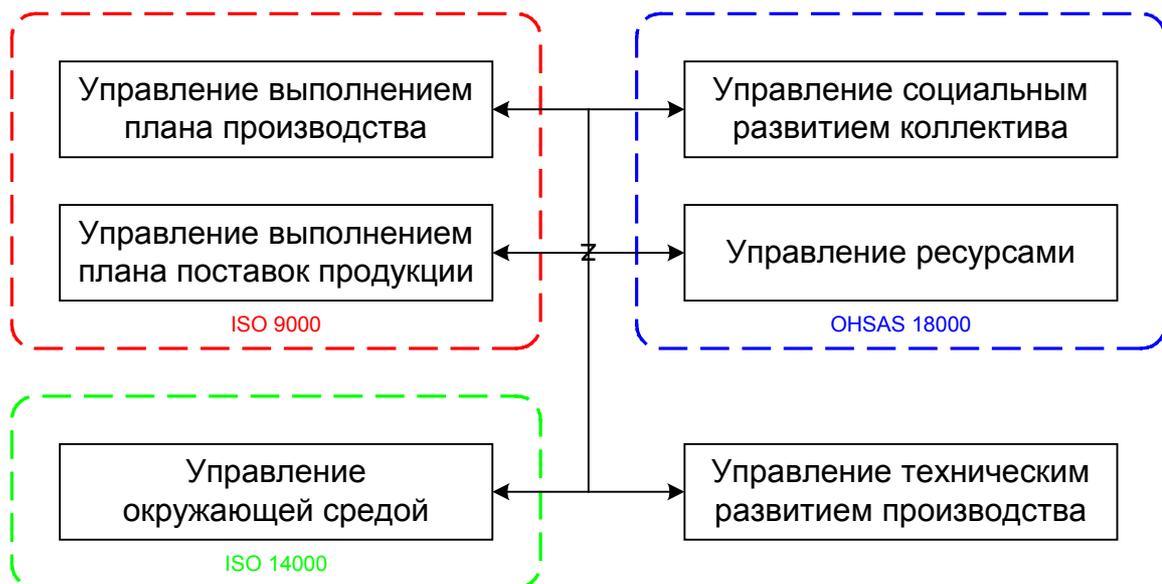


Рис. 3. Место ИСУ в системе управления по ГОСТ 24525

По принятой в этой серии ГОСТ методологии общая система управления предприятием должна охватывать все аспекты её деятельности

и состоять из шести целевых подсистем: по управлению 1) выполнением плана производства и поставок продукции, 2) ресурсами, 3) техническим развитием производства, 4) социальным развитием коллектива и 5) окружающей средой. Нетрудно установить, что многие элементы этой системы в настоящее время полностью или частично регламентируются международными и отечественными стандартами на системы управления (Рис. 3). В связи с этим Госстандарт РФ мог бы в рамках ИСО/ТК 176 инициировать разработку международного стандарта на систему общего управления предприятием [18].

## 1.2. Системы управления, интегрируемые в ИСУ

Концепция ИСУ не исключает интеграции и с другими системами управления, отвечающими требованиям международных стандартов (как официальных, так и ставших таковыми де-факто) на системы управления (*Management System Standards, MSS*). [18], например, с системами социального управления, отвечающими требованиями стандарта SA 8000 (*Social Accountability*).

К числу международных стандартов на системы управления (Табл. 1) также относят следующие:

- стандарты, разработанные на основе ISO 9000 для применения в конкретных отраслях;
- стандарты на системы управления, базирующиеся на принципах HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points* – анализ рисков и критические контрольные точки);
- стандарты на системы управления, базирующиеся на принципах GMP (*Good Manufacturing Practice* – надлежащая производственная практика);
- стандарты на системы управления, базирующиеся на принципах FSC (*Forest Stewardship Council* – Лесной попечительский совет).

*Международные стандарты на интегрируемые системы управления*

<b>№</b>	<b>Стандарт (серия)</b>	<b>Комментарий</b>
1	ISO 9000	Надотраслевые стандарты систем управления качеством.
2	ISO 14000	Надотраслевые стандарты систем управления экологической безопасностью.
3	OHSAS 18000	Надотраслевые стандарты систем управления профессиональной безопасностью и охраной труда.
4	ISO/TS 16949:2002 [47]	Стандарт систем управления качеством в автомобильной промышленности.
5	QS-9000	Стандарты систем управления качеством в автомобильной промышленности.
6	AS 9100:2001	Стандарты систем управления качеством в аэрокосмической отрасли.
7	TL 9000:2001	Стандарты систем управления качеством в телекоммуникационной отрасли.
8	ISO 15161:2001	Стандарт пищевой промышленности, базирующийся на принципах HACCP и GMP.
9	ISO 13485:1996, ISO 13488:1996	Стандарты медицинской отрасли.
10	FSC xxxx	Стандарты лесной промышленности.
11	SW-CMM [48] (CMMI), ISO/IEC TR 15504 – CMM [49]	Стандарты систем управления качеством в отрасли программного обеспечения.

Некоторые вопросы интеграции отраслевых стандартов, в частности, особенности построения отраслевых систем управления качеством по стандартам №№ 4, 5 и 11 из Табл. 1, были рассмотрены автором в [44].

В Табл. 1 [18] представлены конкретные международные стандарты (серии стандартов) на системы управления, которые могут быть интегрированы в ИСУ. В настоящей работе будет рассматриваться интеграция только первых трёх, основных и надотраслевых стандартов ISO 9000 (системы управления качеством), ISO 14000 (системы управления экологической безопасностью) и OHSAS 18000 (системы управления профессиональной безопасностью и охраной труда).

Последнее издание ISO 9000 отменяет и заменяет его второе издание (серию стандартов ISO 9000:1994), являясь переработанным изданием этих документов [41]. Важно то, что ISO 9000:2000 имеет структуру, аналогичную структуре ISO 14000:1996 по управлению окружающей средой, а в дальнейшем и стандартов OHSAS 18000 по профессиональной безопасности и охране труда, что предусматривает улучшенную совместимость этих стандартов с целью удобства использования.

Система стандартов ISO 14000, в отличие от многих других природоохранных стандартов, ориентирована не на количественные параметры (объём выбросов, концентрации вещества и т. п.) и не на технологии (требование использовать или не использовать определенные технологии, требование использовать «наилучшую доступную технологию»). Основным предметом ISO 14000 является система управления экологической безопасностью (*Environmental Management System, EMS*). Типичные положения этих стандартов в том, что в организации должны быть введены и соблюдаться определённые процедуры, должны быть подготовлены определённые документы, и назначены ответственные за определённую деятельность [42]. Стандарт ISO 14001 [34] не содержит никаких абсолютных требований к воздействию организации на окружающую среду, за исключением того, что организация в специальном документе должна объявить о своём стремлении соответствовать национальным стандартам.

Такой характер стандартов обусловлен, с одной стороны, тем, что стандарты серии ISO 14000, как международные стандарты, не должны

вторгаться в сферу действий национальных нормативов. С другой стороны, предшественником ISO являются организационные подходы к качеству продукции (например, концепция глобального управления качеством – *Total Quality Management, TQM*), согласно которым ключом к достижению качества является выстраивание надлежащей организационной структуры и распределение ответственности за качество продукции.

Стандартами ISO 14000 подразумевается интеграция системы управления экологической безопасностью с общей системой управления организацией. Стандарты не требуют, чтобы лица, ответственные за работу системы управления экологической безопасностью, не имели других обязанностей, или чтобы документы, связанные с системой управления экологической безопасностью были выделены в специальную систему документооборота.

Последней действующей редакцией является ISO 14000:1996, отечественный аналог которого – ГОСТ Р ИСО 14000-98.

OHSAS 18000 – это международная спецификация систем управления профессиональным здоровьем и безопасностью (*Occupational Health and Safety Management System, OHSMS*) [81] или, другими словами, семейство стандартов по профессиональной безопасности и охране труда, которое включает в себя две части: OHSAS 18001 [85] и 18002, а также охватывает стандарты BS8800, AS/NZ 4801, NSAI SR 320 и некоторые другие публикации [82].

Российский аналог – стандарт на управление охраной труда ГОСТ Р 12.0.006-2002 [43], вступивший в силу с 1 января 2003 года. Стандарт устанавливает общие требования к управлению работами по охране труда в организации, причём требования эти применимы к любой организации независимо от её организационно-правовой формы и вида деятельности.

### **1.3. Процесс производства листового стекла**

Производство листового стекла характеризуется непрерывностью технологии, начиная от поступления сырья и заканчивая выпуском готовой

продукции, а также взаимной обусловленностью процессов, протекающих в смежных цехах и на отдельных участках. По масштабу выпускаемой продукции стекольное производство относится к числу крупнотоннажных. Суточная выработка стекла на флоат-линии достигает 600 тонн.

Технологический процесс производства листового стекла флоат-способом (Рис. 4) включает в себя подготовку шихты, варку стекла, формование ленты стекла, её отжиг, резку и раскрой стекла на форматы, а также складирование готовой продукции [61].

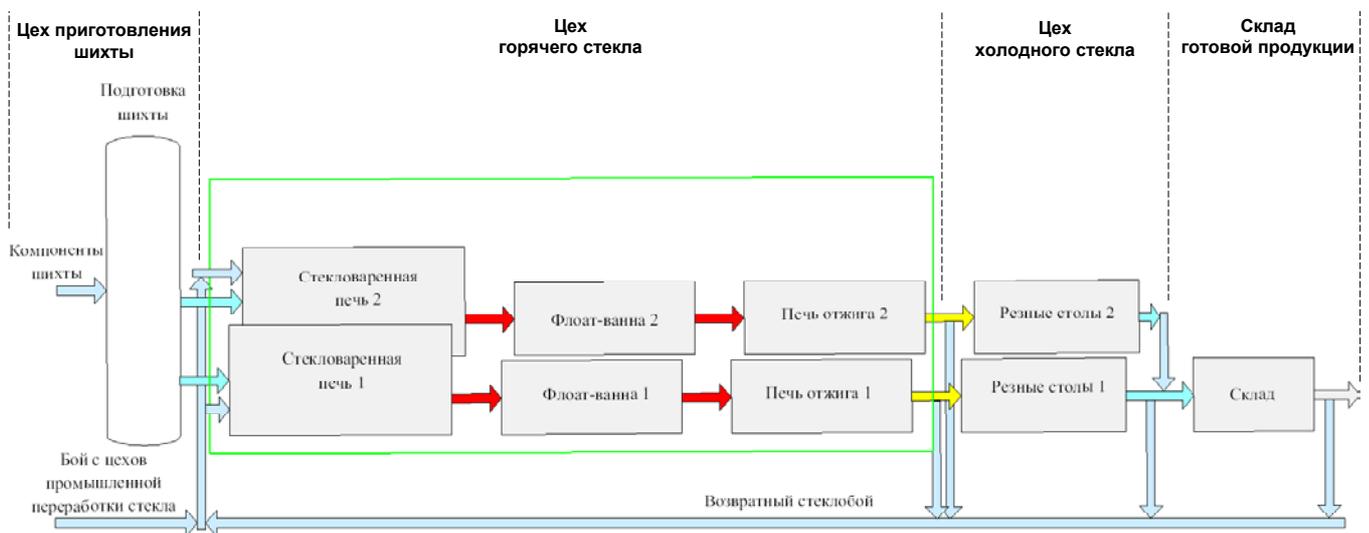


Рис. 4. Схема технологического процесса производства листового стекла

На производстве функционируют две линии по производству полированного стекла, ЛПС1 и ЛПС2. Технологические процессы, протекающие на линиях ЛПС1 и ЛПС2, характеризуются относительной автономностью. Связь между процессами в линиях строится на основе материальных балансных соотношений по объёму сваренной стекломассы в ваннах печах.

Линия ЛПС1 работает в «регулируемом» режиме с частыми переналадками на выработку стекол разных толщин. На этой линии также вырабатывают зелёное стекло. Режим работы линии ЛПС2 характеризуется стационарностью протекающих процессов с редкими переходами на выработку стекол разных толщин.

Качество вырабатываемого стекла, экономические показатели и экологическая безопасность производства во многом определяются

ритмичной работой цехов. Особенностью производства листового стекла является невозможность контроля процессов, протекающих в каждой отдельной стадии производства из-за фазовых превращений стекла в процессе его варки и формования ленты на расплаве олова. Свойство стекла и содержащиеся в нем пороки выявляются в процессе контроля на входе цеха холодного стекла. Это накладывает особые требования на организацию контроля и управления качеством производства стекла.

Важной особенностью является существенная разница в инерционности объектов управления. Инерционность стекловаренных печей по каналам управления и возмущений по составу шихты достигает пяти суток, а флоат-ванны и печи отжига не превышает нескольких минут.

Постановка задачи управления технологическим процессом производства полированного листового стекла рассмотрена в [77]. Основным критерием для оценки работы ПО «*Полированное стекло*» является прибыль, получаемая на временном интервале управления. При имеющемся портфеле заказов на листовое стекло в качестве критерия управления производством стекла может выбираться цеховая себестоимость стекла, которая функционально связана с прибылью.

Цеховая себестоимость стекла складывается из переменных затрат и условно-постоянных затрат. Потоки сырьевых материалов, расход топлива и электрической энергии, расход вспомогательных материалов связаны с режимом работы основного технологического оборудования и зависят от выбираемых управляющих воздействий. Условно-постоянные расходы, к числу которых можно отнести основную и дополнительную зарплату основных производственных рабочих, отчисления в налоги и на страхование, расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, цеховые расходы можно принять не зависящими от выбираемых решений по управлению технологическим процессом производства листового стекла. Поэтому условно-постоянные расходы можно исключить из критерия управления и в дальнейшем в качестве критерия можно рассматривать технологическую

составляющую себестоимости стекла, технологические затраты на ведение процесса либо коэффициент использования стекла.

### **Выводы по главе 1**

1. Определено место ИСУ в общей системе управления предприятием, в том числе по ГОСТ серии 24525, чем объяснена ошибочность понимания ИСУ как системы управления всем предприятием.

2. Рассмотрены системы управления, которые могут быть интегрированы в ИСУ, определены и описаны те основные из них, которые будут рассматриваться в настоящей работе, чем обозначены границы фактического применения разрабатываемых теоретических положений и границы их возможного применения.

3. Представлены общие сведения о процессе производства листового стекла и отмечены такие его особенности, как непрерывность, крупнотоннажность, технологическая память [7] и различная инерционность отдельных участков.

## ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИИ И СПОСОБЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИСУ

Практически во всех методах структурного анализа используются три группы средств моделирования [38]:

- диаграммы, иллюстрирующие функции, которые система должна выполнять, и связи между этими функциями – для этой цели чаще всего используются DFD или SADT (IDEF0);

- диаграммы, моделирующие данные и их взаимосвязи (ERD);

- диаграммы, моделирующие поведение системы (STD).

Таким образом, наиболее существенное различие между разновидностями структурного анализа заключается в методах и средствах функционального моделирования. С этой точки зрения все разновидности структурного анализа могут быть разбиты на две группы – применяющие DFD-методологию (в различных нотациях) или SADT-методологию. Соотношение применения этих двух разновидностей структурного анализа систем в существующих CASE-средствах составляет по материалам *CASE Consulting Group* 90% для DFD и 10% для SADT. По данным автора [38], основанным на анализе 127 существующих CASE-пакетов, это соотношение выглядит как 94% к 3%, соответственно. Оставшиеся 3% CASE-средств используют методологии, не относящиеся ни к одной из перечисленных разновидностей. Представляется очевидным, что соотношение такого же порядка справедливо и для цифр распространенности рассматриваемых методологий на практике.

Сравнительный анализ этих двух разновидностей методологий проводится по следующим параметрам:

- адекватность средств рассматриваемой проблеме;

- согласованность с другими средствами структурного анализа;

- интеграция с последующими этапами разработки (и прежде всего с этапом проектирования).

**1. Адекватность.** Выбор той или иной структурной методологии напрямую зависит от предметной области, для которой создается модель.

Предметом бизнес-консалтинга являются организационные системы (точнее, функционирование или деятельность таких систем). Для моделирования таких систем традиционно используется методология SADT (точнее, её подмножество IDEF0). Однако статическая SADT-модель не обеспечивает полного решения задач бизнес-консалтинга – необходимо иметь возможность исследования динамических характеристик бизнес-процессов. Одним из решений является использование методологии и средств динамического моделирования, основанной, например, на цветных (раскрашенных) сетях Петри CPN (Color Petri Nets). Фактически SADT и CPN служат компонентами интегрированной методологии бизнес-консалтинга: SADT-диаграммы автоматически преобразуются в прообраз CPN-модели, которая затем дорабатывается и выполняется в различных режимах, чтобы получить соответствующие оценки.

Следует отметить, что не существует принципиальных ограничений в использовании DFD в качестве средства построения статических моделей деятельности. Более того, в настоящий момент доступен ряд методологий и продуктов динамического моделирования (INCOME Mobile, CPN-AMI и др.), базирующихся на сетях Петри различного вида и интегрируемых с DFD-моделью, которые позволяют успешно решать задачи бизнес-консалтинга.

Методология SADT успешно работает только для реорганизации хорошо специфицированных и стандартизованных западных бизнес-процессов, поэтому она и принята на Западе в качестве типовой. Например, в Министерстве обороны США десятки лет существуют чёткие должностные инструкции и методики, которые жёстко регламентируют деятельность, делают её высокотехнологичной и ориентированной на бизнес-процесс. В российской действительности с её слабой типизацией бизнес-процессов, их стихийным появлением и развитием, разумнее ориентироваться на методологию организации и/или реорганизации потоков информации и отношений: для таких задач методологии, основанные на потоковых диаграммах, не просто допустимы, а являются единственно возможными.

Если же речь идёт об информационно-технологическом консалтинге, где методологии применяются к системам обработки информации, а не к системам вообще, как это предполагается в SADT, то здесь DFD вне конкуренции. Практически любой класс систем успешно моделируется при помощи DFD-ориентированных методов: в этом случае вместо реальных объектов рассматриваются отношения, описывающие свойства этих объектов и правила их поведения. Примерами таких систем служат системы документооборота, управления и другие системы, богатые разнообразными отношениями.

SADT-диаграммы значительно менее выразительны и удобны для моделирования систем обработки информации. Так, дуги в SADT жёстко типизированы (вход, выход, управление, механизм). В то же время применительно к системам обработки информации стирается смысловое различие между входами-выходами, с одной стороны, и управлениями и механизмами, с другой: входы, выходы и управления являются потоками данных и/или управления и правилами их трансформации. Анализ системы при помощи потоков данных и процессов, их преобразующих, является более прозрачным и недвусмысленным.

Более того, в SADT вообще отсутствуют выразительные средства для моделирования особенностей систем обработки информации. DFD с самого начала создавались как средство проектирования информационных систем (тогда как SADT – как средство проектирования систем вообще) и имеют более богатый набор элементов, адекватно отражающих специфику таких систем (например, хранилища данных являются прообразами файлов или баз данных, внешние сущности отражают взаимодействие моделируемой системы с внешним миром).

Наличие миниспецификаций DFD-процессов нижнего уровня позволяет преодолеть логическую незавершенность SADT (а именно, обрыв модели на некотором достаточно низком уровне, когда дальнейшая ее детализация становится бессмысленной) и построить полную функциональную спецификацию разрабатываемой системы. Это позволит расширить

возможности применения созданной модели (например, её можно будет использовать для автоматизированного и быстрого обучения новых работников конкретному направлению деятельности).

Ограничения SADT, запрещающие использовать более 5-7 блоков на диаграмме, вынуждают искусственно детализировать систему, что затрудняет понимание модели заказчиком, резко увеличивает её объем и, как следствие, ведёт к неадекватности модели реальной картине.

**2. Согласованность.** Главным достоинством любых моделей является возможность их интеграции с моделями других типов. В данном случае речь идет о согласованности функциональных моделей со средствами информационного и событийного (временного) моделирования. Согласование SADT-модели с ERD и/или STD практически невозможно или не имеет смысла. В свою очередь, DFD, ERD и STD взаимно дополняют друг друга и по сути являются согласованными представлениями различных аспектов одной и той же модели. Табл. 2 отражает возможность такой интеграции для DFD и SADT-моделей.

Табл. 2

*Интеграционные возможности DFD- и SADT-моделей*

Нотация	Интеграция с ERD	...STD	...структурными картами
DFD	+	+	+
SADT	+	–	–

Отметим, что интеграция DFD-STD осуществляется за счёт расширения классической DFD специальными средствами проектирования систем реального времени (управляющими процессами, потоками, хранилищами данных), и STD является детализацией управляющего процесса, согласованной по управляющим потокам и хранилищам. Интеграция DFD-ERD осуществляется с использованием отсутствующего в SADT объекта – хранилища данных, структура которого описывается с помощью ERD и согласуется по соответствующим потокам и другим хранилищам на DFD.

**3. Интеграция с последующими этапами.** Важная характеристика методологии – её совместимость с последующими этапами применения результатов анализа (и прежде всего с этапом проектирования, непосредственно следующим за анализом и опирающимся на его результаты).

DFD могут быть легко преобразованы в модели проектирования (структурные карты) – это близкие модели. Более того, известен ряд алгоритмов автоматического преобразования иерархии DFD в структурные карты различных видов, что обеспечивает логичный и безболезненный переход от этапа анализа требований к проектированию системы. С другой стороны, автору неизвестны формальные методы преобразования SADT-диаграмм в проектные решения системы обработки информации.

Также необходимо отметить, что рассмотренные разновидности структурного анализа по сути – два приблизительно одинаковых по мощности языка для передачи понимания. И одним из основных критериев выбора является следующий: насколько хорошо каждым из этих языков владеет консультант или аналитик, насколько грамотно он может на этом языке выражать свои мысли. Нередко встречаются проекты, выполненные с использованием как DFD, так и SADT, в которых просто невозможно разобраться.

Независимо от развития DFD/SADT появилось то, что было названо архитектурой интегрированных информационных систем (*ARchitecture of integrated Information Systems, ARIS*). Это методология и одновременно инструментальная среда для моделирования больших информационных систем (ИС), с 1997 года разрабатываемая немецкой компанией *IDS Scheer AG*. Она основывается на целостном рассмотрении бизнес-процессов и служит для уменьшения сложности их описания посредством структурирования в различных описательных представлениях и на различных описательных уровнях [80]. Описательные представления – это средство уменьшения сложности бизнес-процессов за счёт опускания в

процессе моделирования многих отношений и связей с другими представлениями, которых существует четыре:

- *Функциональное представление* описывает функции (операции), которые должны выполняться в организации (на предприятии), а также их иерархические отношения.
- *Представление данных* описывает события и состояния ссылочного окружения компании.
- *Организационное представление* описывает организационные единицы и работников организации (предприятия), а также их отношения и структуры.
- *Процессное представление* (представление управления) описывает связи между тремя остальными представлениями.

В среде моделирования ARIS эти четыре представления называются «домом ARIS» (*ARIS House*, Рис. 5).

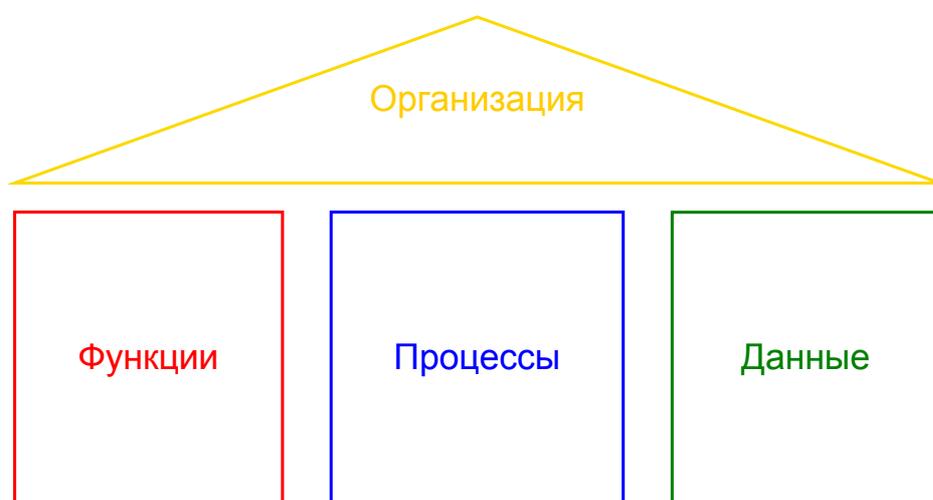


Рис. 5. Архитектура интегрированных информационных систем (ARIS)

Описательные уровни – это средство полного описания бизнеса, начиная с коммерческого предложения и заканчивая технической реализацией. Для каждого из рассмотренных выше описательных представлений существуют следующие три уровня:

- *Определение требований* отражает то, что должно быть разработано, с использованием описательного языка, формализованного настолько,

чтобы результат описания можно было использовать в качестве отправной точки для последовательной реализации.

- *Спецификация проекта* – это определение требований, но уже в терминах конкретной информационной технологии.
- *Реализация* преобразует информацию из спецификации проекта в самостоятельные компоненты обработки данных.

Таким образом, ARIS рассматривает ИС интегрально и определяет своего рода покрытие моделями, необходимое для полного описания ИС. В частности, «дом ARIS» (см. Рис. 5), показывает, что функциональное моделирование («*Функции*») вместе с моделированием данных («*Данные*») и использованием процессного подхода («*Процессы*») для единой организационной структуры («*Организация*») представляют собой как раз такое покрытие [50].

В контексте ИСУ можно отметить, что все упомянутые стандарты (и особенно ISO 9001:2000) изначально основываются на так называемом процессном подходе [62]. В частности, ГОСТ Р ИСО 9001-2001 так определяет процессный подход [31]: *«Применение в организации системы процессов наряду с их идентификацией и взаимодействием, а также управление процессами могут считаться процессным подходом»*.

Кроме этого все упомянутые стандарты не требуют, чтобы лица, ответственные за работу ИСУ не имели других обязанностей – речь идёт о единой организационной структуре [50].

Функциональное моделирование в работе осуществляется при помощи такой признанной методологии как SADT (Structured Analysis and Design Technique – техника структурного анализа и проектирования [37], по сути – методология IDEF0 [39]), а моделирование данных – при помощи DFD (Data Flow Diagrams – диаграммы потоков данных). Этим снимается проблема выбора между IDEF0 (SADT) и DFD – они могут быть эффективно использованы вместе.

## **2.1. Моделирование организационной структуры**

Организационная структура ИСУ, представляющая собой объединяющую среду полной информационной модели ARIS (см. Рис. 5), строится в нотации организационных диаграмм [29] на основе штатной организационной структуры посредством цветового выделения в ней зон ответственности по трём подсистемам (Рис. 6).

При необходимости проводят оптимизацию организационной структуры посредством решения задачи распределения бизнес-процессов ИСУ между структурными подразделениями предприятия [40].

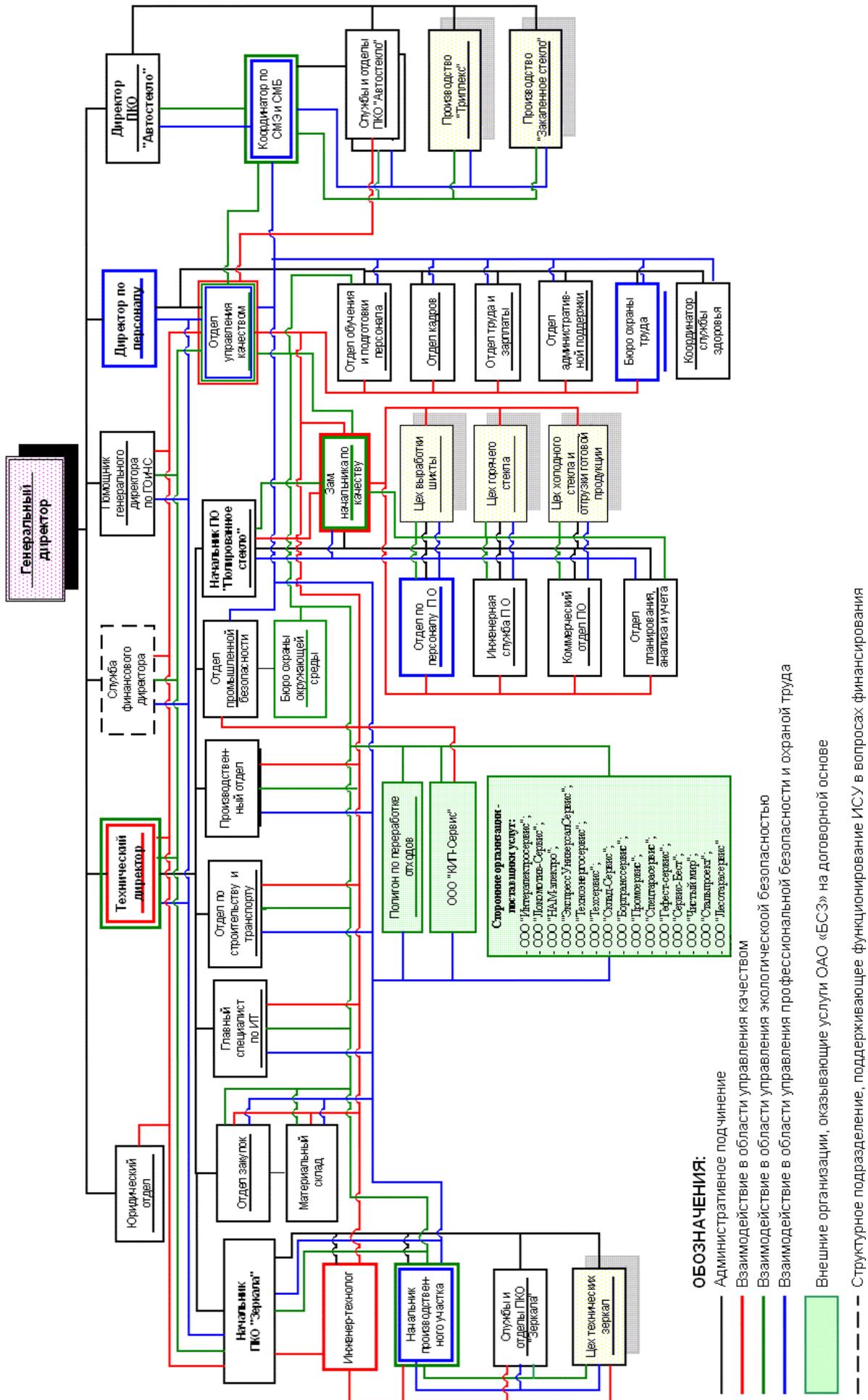


Рис. 6. Организационная структура ОАО «Борский стекольный завод»

## 2.2. Функциональное (процессное) моделирование

Функциональная модель ИСУ, реализующая заложенный в регламентирующих стандартах [31] процессный подход и являющаяся одной из основных частей полной информационной модели ARIS (см. Рис. 5), строится с использованием нотации функционального моделирования IDEF0 [39], что соответствует рекомендации Госстандарта РФ [32].

При построении IDEF0-модели ИСУ руководствуются следующими договорённостями [29]:

- названия функциональных блоков формулируются в виде словосочетаний в глагольной форме многократного действия («делать», а не «сделать» и уж тем более не «дело»);
- названия входных и выходных стрелок, стрелок ограничений и механизмов формулируются в виде словосочетаний в форме существительных («сырьё», а не «покупаем сырьё»);
- нарушения целостности модели в виде неразрешённых (квадратных) туннелей являются недопустимыми;
- обоснованное использование разрешённых (круглых) туннелей допустимо, но не рекомендуется, так как по сути представляет собой нехватку информации и является препятствием для автоматического анализа модели;
- каждый функциональный блок должен иметь входы, выходы, управление (ограничения) и механизмы – за исключением случаев использования на родительской диаграмме разрешённых туннелей.

Функциональная IDEF0-модель является иерархической, детализация функций на каждом уровне определяется разработчиком модели исходя из уровня абстракции, принятого на том или ином уровне. Условно выделяют следующие уровни функций:

- *гиперпроцесс* – общий функциональный процесс (функция), существующий в единственном экземпляре на контекстной диаграмме А-0;

- *макропроцессы* – крупноблочные функциональные процессы (функции), общим числом от 2 до 8 существующие на декомпозиции A0;
- *процессы* – основные функциональные процессы (функции), общим числом от 2 до 8 существующие на декомпозициях следующего уровня;
- *подпроцессы* – более мелкие функциональные процессы (функции), общим числом от 2 до 8 существующие на декомпозициях всех последующих уровней.

Хотя деление на *процессы* и *подпроцессы* является весьма условным, формально можно отметить, что номинальное число уровней абстракции (иерархии) IDEF0-модели равняется 4. Дальнейшая декомпозиция обычно не имеет смысла (достигнут предел атомарности действий – *бизнес-операций*).

Для каждой из IDEF0-диаграмм, вне зависимости от их уровня, составляется глоссарий терминов [37]:

- *глоссарий названий блоков* – с перечнем номеров блоков на той или иной диаграммы, их названий и в меру подробных пояснений;
- *глоссарий названий стрелок* – с перечнем названий выходных и входных стрелок, стрелок управления (ограничений) и механизмов и в меру подробных пояснений.

Так как стрелки передаются между IDEF0-диаграммами с уровня на уровень, то необходимо, однажды дав определение той или иной стрелки в глоссарии верхнего уровня, в дальнейшем ссылаться на лист с изначальным определением – это гарантирует целостность и непротиворечивость терминологии.

Пример IDEF0-диаграммы и соответствующего глоссария блоков и стрелок к ней приведён в прил. А.

### **2.3. Моделирование потоков данных**

Модель потоков данных ИСУ, также являющаяся одной из основных частей полной информационной модели ARIS (см. Рис. 5), строится с использованием нотации моделирования потоков данных DFD –

промышленного стандарта, с использованием которого выполняется до 80% аналогичных консалтинговых проектов [38].

При построении DFD-модели ИСУ руководствуются следующими договорённостями:

- под *данными* понимаются любые информационные, материальные и энергетические потоки;
- названия процессов формулируются в виде словосочетаний в глагольной форме многократного действия;
- названия потоков данных, хранилищ и внешних сущностей формулируются в виде словосочетаний в форме существительных;
- нарушения целостности модели в виде неразрешённых (квадратных) туннелей являются недопустимыми;
- обоснованное использование разрешённых (круглых) туннелей допустимо, но не рекомендуется;
- связь ИСУ с внешней средой должна изображаться посредством использования внешних сущностей; на контекстной диаграмме должна присутствовать хотя бы одна внешняя сущность, на всех остальных диаграммах их присутствие допустимо, хотя не является обязательным;
- на контекстной диаграмме не рекомендуется использование хранилищ – они должны быть внутри ИСУ;
- у каждого процесса или хранилища должны быть как входы, как и выходы (исключение – использование разрешённых туннелей), то есть они не должны быть «чёрными дырами»;
- по возможности рекомендуется повторное использование хранилищ и внешних сущностей – этим обеспечивается отсутствие избыточности модели и её непротиворечивость;
- параллельно с появлением хранилищ необходимо выстраивать их иерархию (что не является требованием самой нотации DFD).

DFD-модель также является иерархической, и детализация процессов (и хранилищ) на каждом уровне определяется разработчиком модели исходя из принятого уровня абстракции, принятого на том или ином уровне.

Аналогично IDEF0-модели, номинально модель должна содержать 4 уровня, а дальнейшая декомпозиция выполняется в виде миниспецификаций [38].

Миниспецификация составляется для каждой из DFD-диаграмм и вне зависимости от их уровня описывает каждый из процессов такими обязательными полями, как название процесса, перечни его входов и выходов, а кроме этого:

- если процесс имеет декомпозицию, то приводится перечень декомпозирующих его процессов;
- если процесс не имеет декомпозиции, то есть является окончательным («листом»), то приводится алгоритм его выполнения на псевдоалгоритмическом языке [38].

Пример DFD-диаграммы и соответствующей миниспецификации к ней приведён в прил. В.

#### **2.4. Способы разработки интегрированной модели**

Модель ИСУ сама по себе является интегрированной моделью, изначально состоящей из трёх отдельных моделей: системы управления качеством [9], системы управления экологической безопасностью и системы управления профессиональной безопасностью и охраной труда. Могут быть использованы три способа разработки интегрированной модели [78]: 1) объединение отдельных моделей в виде абстрактной макромоделли, которая декомпозируется на эти модели, 2) объединение моделей в обобщённую модель, содержащую элементы каждой и 3) выбор лучшей модели среди всех и адаптация под неё остальных.

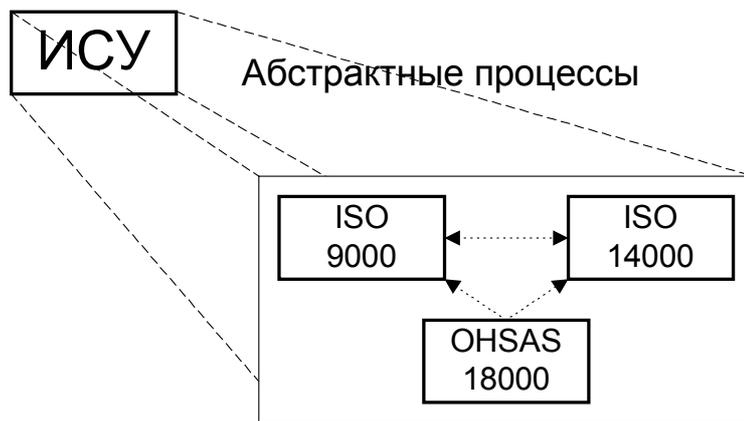


Рис. 7. Абстрактная макромодель ИСУ

Первый способ, через объединение отдельных моделей в виде абстрактной макромодели (Рис. 7), является наихудшим, так как приводит не столько к интегрированной модели, сколько к модели с искусственно повышенным уровнем абстракции. Такая модель не может быть реализована на практике.

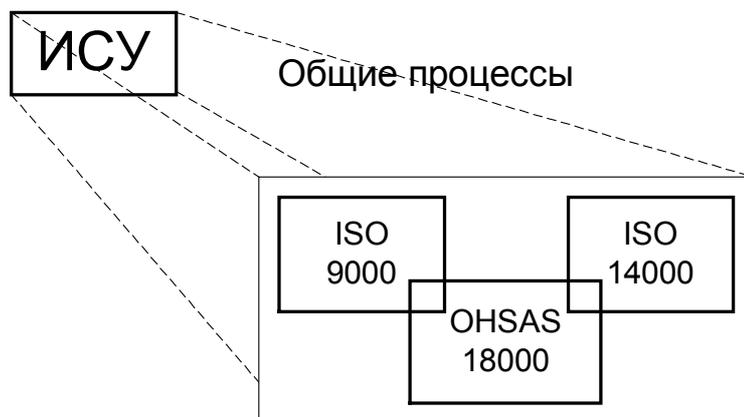


Рис. 8. Обобщённая модель ИСУ

Второй способ, через объединение моделей в обобщённую модель (Рис. 8), является более приемлемым, но имеет один существенный недостаток: в процессе обобщения какой-нибудь хорошо разработанный стандарт может быть принесён в жертву другому, менее удачному.

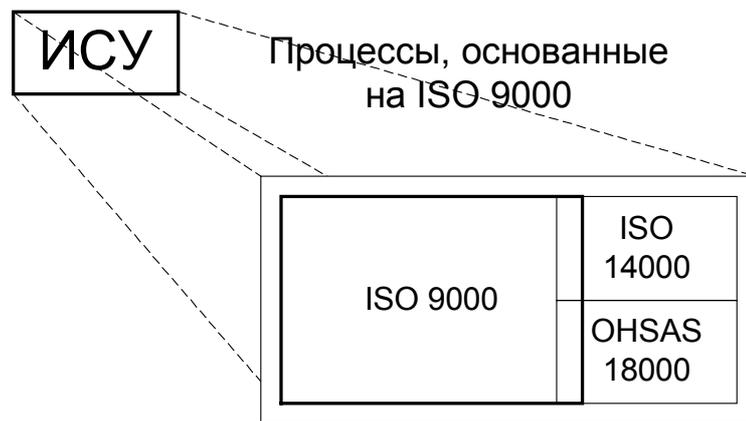


Рис. 9. Лучшая + адаптированная модель ИСУ

Этого недостатка нет у третьего способа (выбор лучшей модели и адаптация под неё остальных), но у него есть свой «минус»: в процессе адаптации «нелучших» моделей может иметь место их искусственное расширение для соответствия выбранной лучшей модели. Поэтому следует использовать гибридный способ (сочетание второго и третьего – см. Рис. 9).

Однако выбор лучшей модели и адаптация под неё остальных – задача сама по себе нетривиальная [52], поэтому имеет смысл рассмотреть её отдельно.

## Выводы по главе 2

1. Проведён сравнительный анализ SADT- и DFD-моделей, после чего рассмотрена архитектура интегрированных информационных систем (ARIS) и обоснована применимость её основной концепции для эффективного сочетания IDEF0 (SADT) и DFD и реализации процессного подхода при моделировании ИСУ.

2. Определены особенности применения выбранных методологий и нотаций для моделирования ИСУ производства листового стекла в рамках концепции ARIS.

3. Рассмотрены способы разработки интегрированной модели, дана их общая оценка и определён основной способ, используемый далее.

### ГЛАВА 3. МЕТОДИКА СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА МОДЕЛЕЙ ИСУ

Все упомянутые стандарты систем управления (особенно ISO 9001:2000) изначально основываются на так называемом *процессном подходе* [31]. Руководящий документ Госстандарта РФ [32] для реализации процессного подхода рекомендует использовать методологию функционального моделирования IDEF0, однако при этом могут быть использованы и другие методологии моделирования, рассматривающие бизнес-процессы предприятия в комплексе, например, DFD.

#### 3.1. Обоснование и выбор варианта интеграции

Анализ и сравнение IDEF0-моделей удобно выполнять с использованием теории множеств и орграфов – IDEF0-диаграммы даже чисто визуально похожи на орграфы – с учётом следующей особенности: IDEF0-модели по природе своей являются полииерархическими (содержат несколько уровней абстракции, на каждом из которых – своя декомпозиция функций системы), поэтому соответствующие множества и орграфы можно определить только для объединения диаграмм на одном уровне.

В целях упрощения в качестве примеров для сравнения будут рассмотрены две возможные декомпозиции ИСУ первого уровня [33], на основе ГОСТ Р ИСО 9001 (российский аналог ISO 9001) и ГОСТ Р ИСО 14001-98 (российский аналог ISO 14001).

IDEF0-декомпозиция ИСУ на основе ГОСТ Р ИСО 9001-2001 [31] представлена на Рис. 10.

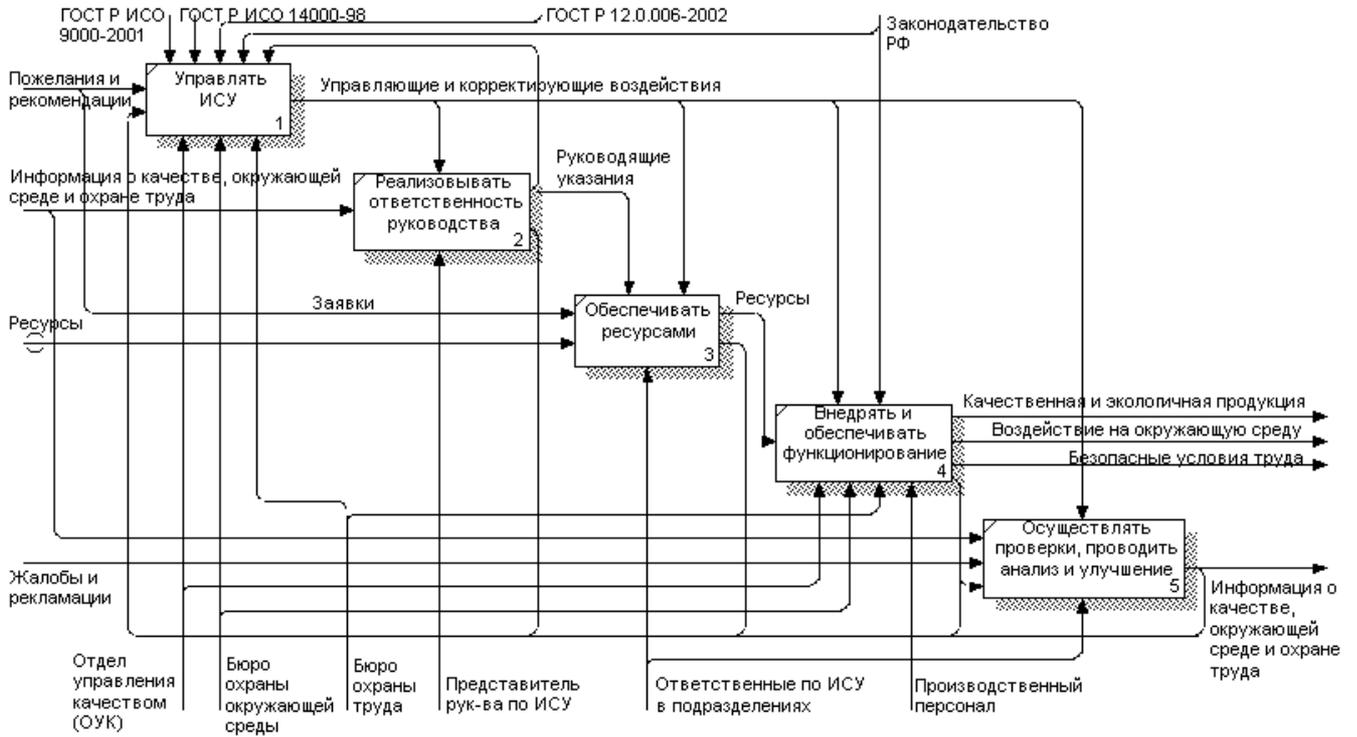


Рис. 10. IDEF0-декомпозиция ИСУ на основе ГОСТ Р ИСО 9001

Соответствующий оргграф представлен на Рис. 11.

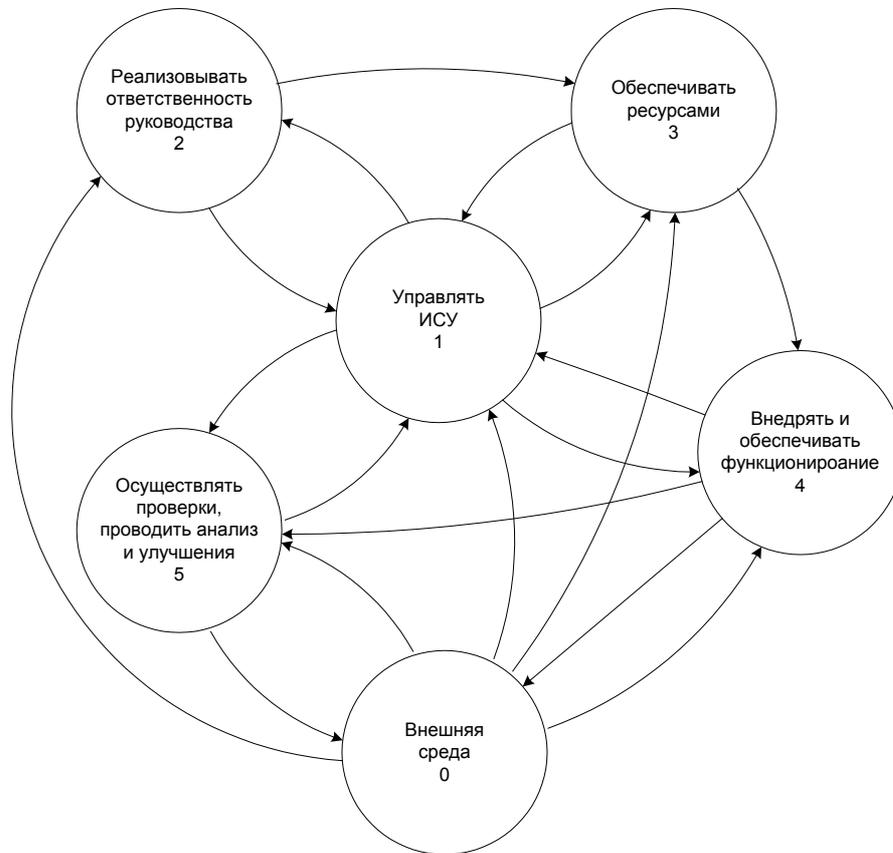


Рис. 11. Оргграф IDEF0-декомпозиции ИСУ на основе ИСО 9001

Данный оргграф описывается следующей матрицей смежности:

$$A_1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

IDEF0-декомпозиция ИСУ на основе ГОСТ Р ИСО 14001-98 [34] представлена на Рис. 12.

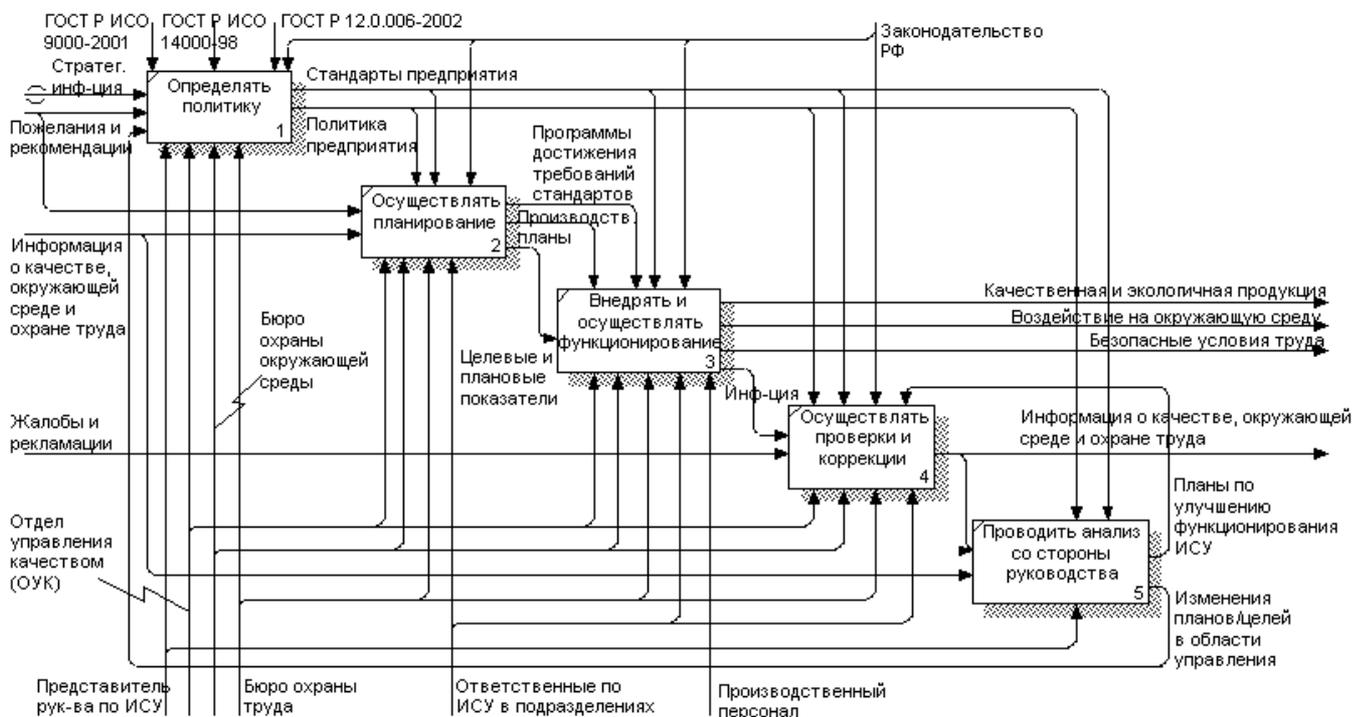


Рис. 12. IDEF0-декомпозиция ИСУ на основе ГОСТ Р ИСО 14001

Орграф, соответствующий такой декомпозиции, представлен на Рис. 13.

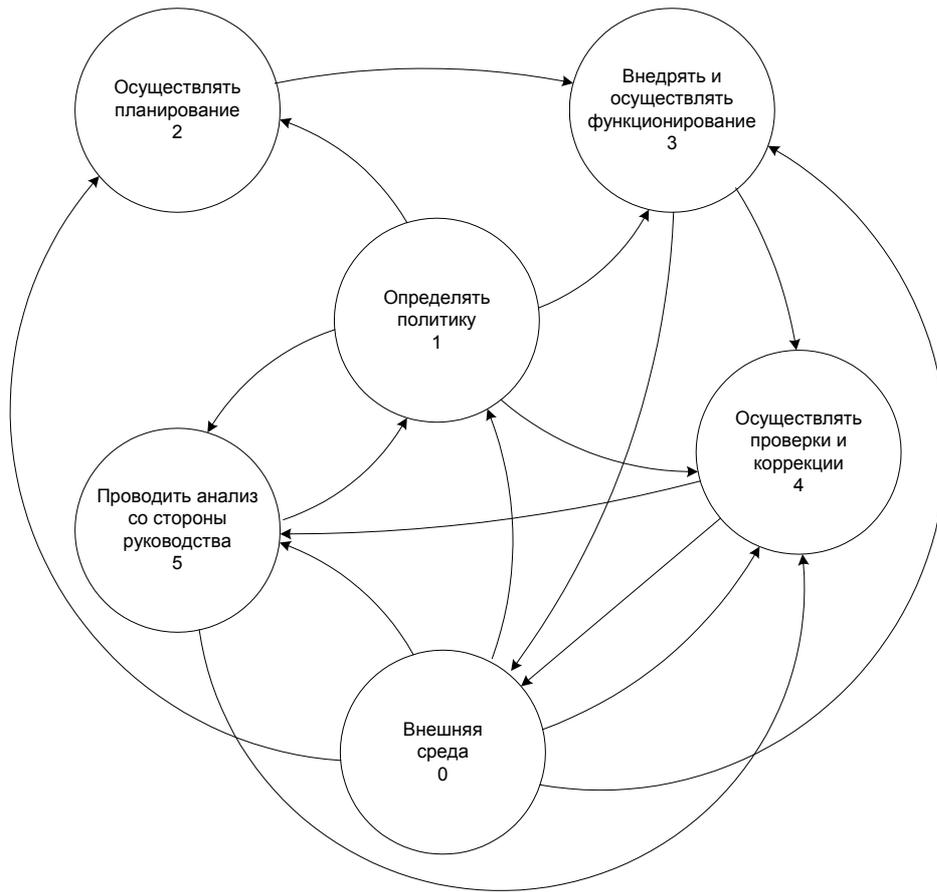


Рис. 13. Ограф IDEF0-декомпозиции ИСУ на основе ИСО 14001

Его матрица смежности выглядит следующим образом:

$$A_2 = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad (2)$$

Для структурного описания систем класса ИСУ рекомендуется применять следующие четыре множества [7]:

$$S = \{\Sigma, V, \sigma, K\} \quad (3)$$

где  $S$  – это система (ИСУ),  $\Sigma = \{\Sigma_i\}$  – множество состава и свойств элементов (внутри каждого элемента описание структуры не проникает),  $V = \{V_i\}$  – множество назначений и характера связей,  $\sigma$  – множество устойчивости структуры,  $K$  – множество построений структуры.

Все множества принимаются конечными, и среди них различают следующее.

**Во множестве элементов  $\Sigma$  различают:**

- состав: *гомогенный* (содержащий однотипные элементы), *гетерогенный* (содержащий разнородные элементы), *смешанный*;
- свойства элементов: информационные, материальные, энергетические.

Для количественной оценки *структурной компактности* вводится параметр, отражающий близость элементов между собой. Близость двух элементов,  $i$  и  $j$  между собой будет определяться через минимальную длину пути для орграфа  $d_{ij}$ . Элементы матрицы кратчайших путей  $D = \|d_{ij}\|$  могут быть найдены из матрицы смежности по следующей формуле [35]:

$$d_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ если } a_{ij} = 1 \\ 2, \text{ если } a_{ij}^2 \geq 1 \\ \dots \\ n, \text{ если } a_{ij}^n \geq 1 \\ 0 \text{ в противном случае} \end{cases} \quad (4)$$

Для Рис. 11 и Рис. 13 мы имеем следующие матрицы кратчайших путей ( $D_1$  и  $D_2$  соответственно):

$$D_1 = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 3 & 1 & 0 & 1 & 2 & 2 \\ 2 & 1 & 2 & 0 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 2 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 0 \end{vmatrix}, \quad D_2 = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 3 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 1 & 2 & 2 & 0 & 1 & 2 \\ 1 & 2 & 2 & 2 & 0 & 1 \\ 3 & 1 & 2 & 2 & 2 & 0 \end{vmatrix} \quad (5)$$

Тогда величина

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} \quad (i \neq j) \quad (6)$$

отражает общую *структурную близость* элементов между собой в системе. В частности, для Рис. 11 и Рис. 13, представленных матрицами (5), получается:

$$\begin{aligned} Q_1 &= 5 + 6 + 9 + 8 + 7 + 8 = 43, \\ Q_2 &= 5 + 6 + 11 + 8 + 8 + 10 = 48 \end{aligned} \quad (7)$$

Для количественной оценки *структурной компактности* очень часто используют относительный показатель

$$Q_{\text{отн}} = \frac{Q}{Q_{\text{min}}} - 1 \quad (8)$$

где  $Q_{\text{min}} = n \cdot (n - 1)$  – минимальное значение компактности для структуры системы типа «полный граф» (для Рис. 11 и Рис. 13  $Q_{\text{min}} = 6 \cdot (6 - 1) = 30$ ).

Значения структурной компактности для матриц (5) будут следующими:

$$Q_{\text{отн}1} = \frac{43}{30} - 1 \approx 0,43; \quad Q_{\text{отн}2} = \frac{48}{30} - 1 \approx 0,60 \quad (9)$$

Таким образом, модель ИСУ, построенная на основе стандарта ISO 9001 ( $Q_{\text{отн}} = 0,47$ ), является более компактной, чем модель, построенная на основе ISO 14001 ( $Q_{\text{отн}} = 0,60$ ), что для систем класса ИСУ означает, прежде всего, возможность более эффективного использования той же организационной структуры для несения ответственности за функционирование отдельных подсистем управления, а также более короткие (а, следовательно, и более быстрые) пути прохождения информации через все функциональные блоки, увязанные в единый процесс.

Структурную компактность можно охарактеризовать и другой характеристикой – *диаметром структуры*:

$$d = \max_{ij} d_{ij}, \quad (10)$$

который для матриц (5) одинаков и составляет:

$$d = \max(1,2,3) = 3 \quad (11)$$

Учитывая преобладающий информационный характер в ИСУ, можно сказать, что величины  $Q_{отн}$  и  $d$  интегрально оценивают инерционность, информационность [73] процессов в системе.

**Во множестве связей  $V$  различают:**

- назначение связей: информационные, материальные, энергетические;
- характер связей: *прямые, обратные*.

Количественная характеристика непрерывности связей в их множестве называется *связностью структуры*. Она позволяет выявить наличие обрывов в структуре, висящие вершины и др. Наиболее полно связность элементов орграфа определяется матрицей связности (достижимости)  $C = \|c_{ij}\|$ . Элементы матрицы  $C$  можно вычислить на основе матрицы кратчайших путей (5):

$$c_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } d_{ij} \geq 1 \\ 0, & \text{если } d_{ij} = 0 \end{cases} \quad (12)$$

Матрицы связности для Рис. 11 и Рис. 13 одинаковы и имеют следующий вид:

$$C_1 = C_2 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad (13)$$

то есть оба орграфа являются *сильно связанными* (для любых двух различных вершин существует соединяющий их путь). Это говорит о том, что в обоих вариантах модели ИСУ (на основе ISO 9001 и ISO 14001) нет ни обрывов в структуре, ни висящие вершин (с входами без выходов или наоборот), ни каких-либо других признаков несвязности, что также является выполнением ограничений нотации IDEF0 (обязательное наличие входов и выходов у каждого блока) и реализуемого ею процессного подхода (сквозная обработка информации, материалов и энергии с обратной связью).

Структурный параметр, отражающий превышение общего числа связей над минимально необходимым, называют *структурной избыточностью*:

$$R = \frac{1}{2} \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} \right] \frac{1}{n-1} - 1, \quad (14)$$

где  $a_{ij}$  – элементы матриц смежности (1) и (2).

Структурная избыточность  $R$  используется для косвенной оценки надёжности исследуемых систем. Для систем с максимальной избыточностью, имеющих структуру типа «полный граф»,  $R > 0$ ; для систем с минимальной избыточностью  $R = 0$ ; для несвязных систем  $R < 0$ . Для Рис. 11 и Рис. 13 мы имеем следующие значения:

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{1}{2} [5 + 4 + 2 + 2 + 3 + 2] \frac{1}{6-1} - 1 = 0,8 \\ R_2 &= \frac{1}{2} [5 + 4 + 1 + 2 + 2 + 1] \frac{1}{6-1} - 1 = 0,5 \end{aligned} \quad (16)$$

Это означает, что модель ИСУ, построенная на основе стандарта ISO 9001 ( $R = 0,8$ ), является более избыточной, чем модель, построенная на основе ISO 14001 ( $R = 0,5$ ), что является обратной стороной большей компактности (9) и одновременно признаком большей надёжности.

Для более полного анализа структурной надёжности моделей ИСУ целесообразно в дополнение к значению структурной избыточности  $R$  определить значение такого параметра, который учитывает *неравномерность распределения связей*.

Равномерное распределение связей в структуре орграфа, имеющего  $m$  дуг и  $n$  вершин, характеризуется *средней степенью вершины*:

$$\bar{\rho} = \frac{2m}{n} \quad (17)$$

Для Рис. 11 и Рис. 13 мы имеем:

$$\bar{\rho}_1 = \frac{2 \cdot 18}{6} = 6, \quad \bar{\rho}_2 = \frac{2 \cdot 15}{6} = 5 \quad (18)$$

Введя понятие отклонения  $\rho_i - \bar{\rho}$ , где  $\rho_i$  – действительная степень  $i$ -той вершины заданного графа, можно определить квадратическое отклонение заданного распределения степеней вершин от равномерного:

$$\varepsilon^2 = \sum_{i=1}^n (\rho_i - \bar{\rho})^2 \quad (19)$$

Для Рис. 11 и Рис. 13 мы имеем:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1^2 &= (7-6)^2 + (9-6)^2 + (4-6)^2 + (5-6)^2 + (6-6)^2 + (5-6)^2 = 1+9+4+1+1=16 \\ \varepsilon_2^2 &= (7-5)^2 + (6-5)^2 + (3-5)^2 + (5-5)^2 + (6-5)^2 + (5-5)^2 = 4+1+4+1=10 \end{aligned} \quad (20)$$

Показатель  $\varepsilon^2$  не является дисперсией распределения связей по  $n$  вершинам графа (в формуле дисперсии используется дополнительное деление на  $n-1$ ), а является *суммой квадратов отклонений*, но в случае равного числа вершин (а для Рис. 11 и Рис. 13  $n=6$ ) позволяет сравнивать степени неравномерности в распределении связей графов. Для идеальной структуры графа  $\varepsilon^2 = 0$ , в нашем же случае (20) мы можем сделать вывод о том, что оба графа обладают неравномерным распределением связей, причём неравномерность для графа, изображённого на Рис. 11, оказывается несколько больше ( $\varepsilon_1^2 = 16 < 10 = \varepsilon_2^2$ ).

**Во множестве устойчивости структуры  $\sigma$  различают:**

- детерминированную структуру;
- вероятностную (стохастическую) структуру.

В обоих случаях (Рис. 11 и Рис. 13) структуры являются детерминированными.

**Во множестве построения  $K$  различают виды структур, представленные на Рис. 14.**

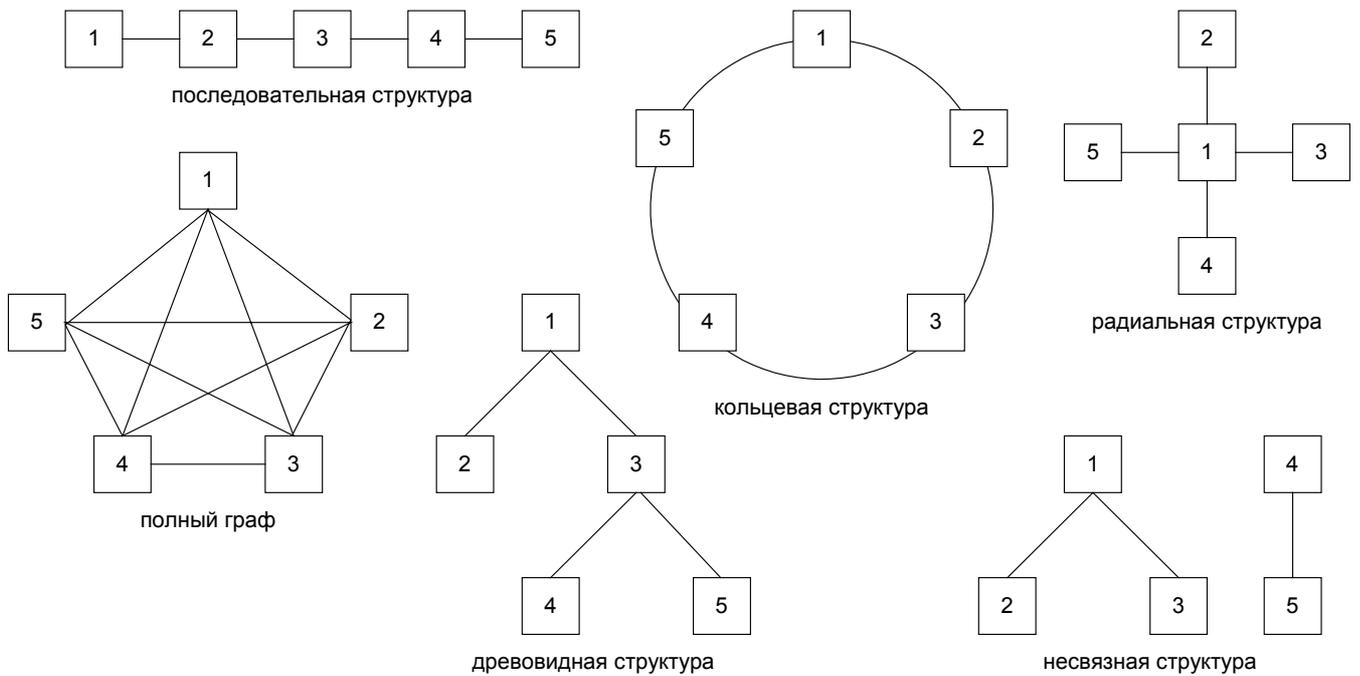


Рис. 14. Основные виды структур

В обоих случаях (Рис. 11 и Рис. 13) структуры являются смешанными и представляют собой комбинации кольцевой и радиальной структур в стремлении к структуре полного графа, в контексте теории систем управления качеством известному как «*звезда качества*».

Для количественной оценки степени централизации в структуре используется понятие *индекса центральности*:

$$\delta = (n - 1)(2z_{\max} - n) \frac{1}{z_{\max} (n - 2)}, \quad (21)$$

где  $z_{\max}$  – максимальное значение величины  $z_i$ :

$$z_i = \frac{Q}{2} \left( \sum_{j=1}^n d_{ij} \right)^{-1}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad i \neq j \quad (22)$$

Для Рис. 11 и Рис. 13, а также соответствующих этим графам значений (5) и (7) получается следующее:

$$z_{\max 1} = \max_{i=1}^6 \left( \frac{21,5}{\sum_{j=1}^6 d_{1ij}} \right) = \max (4,3; 3,58; 2,39; 2,69; 3,07; 2,69) = 4,3$$

$$z_{\max 2} = \max_{i=1}^6 \left( \frac{24}{\sum_{j=1}^6 d_{2ij}} \right) = \max (4,8; 4; 2,18; 3; 3; 2,4) = 4,8$$
(23)

Соответственно, значения индексов центральности будут такими:

$$\delta_1 = \frac{(6-1) \cdot (2 \cdot 4,3 - 6)}{4,3 \cdot (6-2)} = 0,76$$

$$\delta_2 = \frac{(6-1) \cdot (2 \cdot 4,8 - 6)}{4,8 \cdot (6-2)} = 0,94$$
(24)

Для структур систем, имеющих максимальную степень централизации (радиальная структура на Рис. 14)  $\delta=1$ ; для структур с равномерным распределением связей (кольцевая структура и полный граф на Рис. 14)  $\delta=0$ . В нашем же случае (24) можно сделать вывод о том, что обеим структурам свойственна достаточно высокая степень централизации (это определяется стандартами ISO 9001 и ISO 14001 через ответственность руководства и, в частности, выделение специального представителя руководства), однако структуре на базе ISO 9001 свойственно некоторое существенное тяготение к децентрализации [55, 86], что обеспечивает большую оперативность управления ИСУ.

При представлении структуры ИСУ в виде орграфа во множестве построения  $K$  используется *ранг элемента*:

$$r_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}^{(k)}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij}^{(k)}} \quad (25)$$

где  $a_{ij}^{(k)}$  – элементы матрицы  $A^k$ ;  $k=3...4$ .

Матрица  $A^k$  получается из матрицы смежности  $A$  путём возведения последней в степень. Для матриц смежности (1) и (2) будем иметь:

$$A_1^3 = \begin{vmatrix} 4 & 9 & 6 & 7 & 8 & 8 \\ 2 & 5 & 6 & 6 & 7 & 7 \\ 3 & 5 & 1 & 2 & 2 & 3 \\ 3 & 6 & 2 & 3 & 3 & 3 \\ 4 & 9 & 3 & 5 & 5 & 5 \\ 4 & 8 & 1 & 3 & 3 & 3 \end{vmatrix}, \quad A_2^3 = \begin{vmatrix} 4 & 4 & 3 & 4 & 5 & 5 \\ 2 & 3 & 3 & 3 & 4 & 4 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 \\ 2 & 3 & 2 & 3 & 3 & 3 \\ 2 & 1 & 2 & 3 & 3 & 3 \\ 2 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} \quad (26)$$

Соответственно, ранги элементов будут такими:

$$\|r_{1i}\| = \begin{vmatrix} 42/164 \\ 33/164 \\ 16/164 \\ 20/164 \\ 31/164 \\ 22/164 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,256 \\ 0,201 \\ 0,098 \\ 0,122 \\ 0,189 \\ 0,134 \end{vmatrix}, \quad \|r_{2i}\| = \begin{vmatrix} 25/87 \\ 19/87 \\ 7/87 \\ 16/87 \\ 14/87 \\ 6/87 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,287 \\ 0,218 \\ 0,080 \\ 0,184 \\ 0,161 \\ 0,069 \end{vmatrix} \quad (27)$$

Характеристика  $r_i$  позволяет распределить элементы системы в порядке их значимости. Значимость элемента здесь определяется только числом связей данного элемента с другими. Чем выше ранг элемента, тем более сильно он связан с другими элементами системы и тем более тяжёлыми будут последствия при изменении качества его функционирования.

Значения рангов элементов – весьма полезная информация при распределении временных, стоимостных, технических ресурсов для достижения целей при разработке ИСУ.

Из (27) можно видеть, что в модели по ISO 9001 наивысшим рангом ( $r_{11} = 0,270$ ) обладает элемент № 1 «Управлять ИСУ», а вторым рангом ( $r_{10} = 0,256$ ) – элемент № 0 «Внешняя среда», который в модели по ISO 14001 обладает как раз наивысшим рангом ( $r_{20} = 0,287$ ), опередив элемент № 1 «Определять политику» – это можно объяснить самой сутью стандарта ISO 14001, рассматривающего влияние производства на окружающую среду.

Значения всех рассчитанных выше структурных характеристик двух вариантов интеграции сведены в Табл. 3.

Значения структурных характеристик вариантов интеграции

Параметр	Базовый вариант интеграции	
	ISO 9001	ISO 14001
Относительная структурная компактность $Q_{отн}$	0,43	0,60
Диаметр структуры $d$	3	3
Связность структуры (по матрице связности)	сильная	сильная
Структурная избыточность $R$	0,8	0,5
Неравномерность распределения связей $\varepsilon^2$	16	10
Устойчивость структуры	детерминированная	детерминированная
Вид структуры	смешанная	смешанная
Индекс центральности $\delta$	0,76	0,94
Элемент структуры (процесс) с наивысшим рангом	«Управлять ИСУ»	«Внешняя среда»

**Вывод о выборе лучшей модели** звучит следующим образом: в качестве лучшей модели ИСУ целесообразно использовать модель, основанную на стандарте ISO 9001, так как при исследовании топологических свойств вариантов модели было выявлено следующее:

- модель на основе ISO 9001 более компактна – см. (9);
- обе модели обладают одинаковым диаметром структуры – см. (11);
- обе модели являются сильно связанными – см. (13);
- модель на основе ISO 9001 обладает большей избыточностью, а следовательно, и более надёжна – см. (16);
- обе модели обладают неравномерностью распределения связей, хотя для модели на основе ISO 9001 неравномерность несколько больше – см. (20);

- обе модели обладают детерминированной структурой;
- обе модели являются смешанными и представляют собой комбинации кольцевой и радиальной структур в стремлении к структуре полного графа – см. Рис. 14;

- обеим моделям свойственна достаточно высокая степень централизации, но модель на основе ISO 9001 также тяготеет к эффективной децентрализации [55, 86] – см. (24);

- в модели на основе ISO 9001 наивысшим рангом обладает внутрисистемный элемент «Управлять ИСУ», тогда как в модели на основе ISO 14001 наивысший ранг – у элемента «Внешняя среда» – см. (27).

Для числовых параметров, значения которых в Табл. 3 различаются, можно дополнительно рассчитать аддитивный критерий (критерий справедливой абсолютной уступки) – критерий оптимальности, относящийся к группе прямых априорных методов многокритериальной оптимизации, сформулированный в виде суммирования выходных параметров (критериев оценки) исследуемого объекта с учётом коэффициентов важности (весов) каждого критерия [76]:

$$u(x_i) = \sum_{j=1}^m \omega_j \bar{k}_{ij}, i = \overline{1, n}, \text{ или в матричной форме: } U = K \times \Omega \quad (28)$$

где  $U = [u(x_i)]$  – матрица-столбец критерия  $u_i$ ,  $K = [\bar{k}_{ij}]$  – нормализованная критериальная матрица,  $\Omega = [\omega_i]$  – матрица-столбец коэффициентов веса.

Принцип справедливой абсолютной уступки приводит к утверждению, что оптимальное решение означает максимизацию суммы нормированных частных критериев. Однако введение весовых коэффициентов создает существенные трудности, один из путей преодоления которых состоит в применении экспертных оценок.

Для числовых параметров, значения которых в Табл. 3 различаются, экспертным образом были определены следующие значения весовых коэффициентов (Табл. 4).

Значения весовых коэффициентов структурных характеристик

Параметр	Весовой коэффициент
Относительная структурная компактность $Q_{отн}$	-0,25
Структурная избыточность $R$	0,19
Неравномерность распределения связей $\varepsilon^2$	-0,01
Индекс центральности $\delta$	-0,16

Исходя из фактических значений параметров Табл. 3 и значений весовых коэффициентов Табл. 4, по формуле (29) рассчитывается значение единого аддитивного критерия:

$$\begin{aligned}
 U_1 &= -0,25 \cdot 0,43 + 0,19 \cdot 0,8 - 0,01 \cdot 16 - 0,16 \cdot 0,76 = -0,24 \\
 U_2 &= -0,25 \cdot 0,60 + 0,19 \cdot 0,5 - 0,01 \cdot 10 - 0,16 \cdot 0,94 = -0,31
 \end{aligned}
 \tag{30}$$

Таким образом, значение аддитивного критерия  $U_1 < U_2$ , что подтверждает сделанный ранее вывод о выборе лучшей модели (модель, основанная на стандарте ISO 9001, признана лучшей).

### 3.2. Структурный анализ полииерархической IDEF0-модели

Как уже отмечалось в п. 3.1, IDEF0-модели (равно как и DFD-модели) по природе своей являются полииерархическими, то есть содержат несколько уровней абстракции (минимум – два), на каждом из которых – своя декомпозиция функций (потоков данных) системы.

Там же, в п. 3.1 был проведён структурный анализ (с использованием теории графов и множеств) декомпозиции одного (первого) уровня, что для решения проблемы выбора вариантов моделей было вполне достаточно. Для выполнения же анализа одной из таких моделей **в целом**, в частности, для преобразования всей модели в один оргграф требуется провести её планаризацию [51].



1. Отобрать из дерева IDEF0-диаграмм все диаграммы, на которых присутствуют недекомпозируемые блоки («листья»).

2. Составить список всех недекомпозируемых блоков отобранных (в п. 1 данного алгоритма) диаграмм, дав им номера вида  $A_x.n$  (где  $A_x$  – это идентификатор диаграммы, а  $n$  – номер блока на ней) и отсортировав список по ним.

3. Добавить в составленный (в п. 2 данного алгоритма) список первым элементом блок № 0 «*Внешняя среда*».

4. Построить квадратную матрицу размером  $N \times N$  (где  $N$  – число элементов в списке блоков после п. 3 данного алгоритма), поименовав столбцы и строки отсортированными номерами блоков.

5. Заполнить элементы главной диагонали матрицы (п. 4 данного алгоритма) нулевыми значениями (0), что означает отсутствие переходов блоков в самих себя.

6. Элементы 1-й строки матрицы (определяющие дуги, исходящие от блока № 0 «*Внешняя среда*» к другим блокам) заполнить значениями по следующему алгоритму: последовательно перебирая все входные стрелки, стрелки ограничений и механизмов, существующие на контекстной диаграмме A-0, проследить их прямое вхождение во все блоки из списка п. 2 данного алгоритма, и поместить в соответствующую ячейку матрицы значение 1, если такое вхождение имеет место быть, и 0 в противном случае.

7. Элементы 2-й и далее (до N-й) строки матрицы заполнить значениями по следующему алгоритму: последовательно перебирая все выходные стрелки блока, номер которого подписан у заполняемой строки, проследить их прямое вхождение во все блоки из списка п. 3 данного алгоритма, кроме этого же самого блока (см. п. 5 данного алгоритма), и поместить в соответствующую ячейку матрицы значение 1, если такое вхождение имеет место быть, и 0 в противном случае.

**Замечания.** Полученная матрица будет являться матрицей смежности для орграфа, соответствующего исходной IDEF0-модели, со следующими замечаниями:

- Взаимосвязь блока № 0 «*Внешняя среда*» с другими функциональными блоками модели, вообще говоря, не является лишь взаимосвязью окружающей среды, поставщиков, потребителей и др. внешних сущностей с ИСУ предприятия. Под «*Внешней средой*» здесь подразумевается всё, что является внешним по отношению к ИСУ даже внутри предприятия (например, «*Подразделения-исполнители*»).

- Туннели, как разрешённые, так и (особенно) неразрешённые, рассматриваются в алгоритме Рис. 15 как обрывы дуг, хотя в общем случае они означают недостаток информации, и их более корректная обработка должна происходить с привлечением человеческого фактора (ИТ-консультанта).

- Все стрелки IDEF0-модели, несмотря на их разнородную природу, в процессе преобразования в дуги орграфа получают одинаковые веса, равные единице. Дальнейшее развитие алгоритма Рис. 15 связано с построением взвешенного графа.

Графическое представление орграфа, полученного в результате планаризации, может оказаться весьма перегруженным и ненаглядным, но его представление в виде матрицы смежности является достаточным для последующего структурного анализа.

Однако размер матрицы смежности может быть настолько велик, что её заполнение вручную по алгоритму Рис. 15 может быть трудоёмким (в частности, для полной IDEF0-модели ИСУ размер матрицы составляет 80 x 80, то есть 6400 (!) элементов), поэтому необходимо максимально автоматизировать этот процесс.

### 3.2.2. Автоматизация процесса планаризации IDEF0-модели

Автоматизация процесса планаризации возможна с использованием не графического представления модели, а в виде IDL-файла. Формат IDL-файлов является стандартным текстовым форматом обмена информацией о моделях процессов в нотации IDEF0 между CASE-средствами различных производителей [79].

Структура IDL-файла приведены в прил. С. Файл такой структуры может быть легко проанализирован программно. В частности, описанный выше алгоритм (Рис. 15) в его программном приложении выглядит следующим образом [51]:

1. Найти в IDL-файле все узлы DIAGRAM GRAPHIC (диаграммы), в которых есть подузлы BOX (блоки) без указания параметра DETAIL REFERENCE N (без декомпозиции).

2. Составить список всех подузлов BOX отобранных (в п. 1 данного алгоритма) узлов DIAGRAM GRAPHIC, дав им номера вида  $Ax.n$  (где  $Ax$  – это идентификатор узла DIAGRAM GRAPHIC, а  $n$  – номер его подузла BOX) и отсортировав список по ним.

3. Добавить в составленный (в п. 2 данного алгоритма) список первым элементом узел BOX 0 «Внешняя среда».

4. Построить квадратную матрицу размером  $N \times N$  (где  $N$  – число элементов в списке узлов BOX после п. 3 данного алгоритма), поименовав столбцы и строки отсортированными номерами узлов BOX.

5. Заполнить элементы главной диагонали матрицы (п. 4 данного алгоритма) нулевыми значениями (0), что означает отсутствие переходов узлов BOX в самих себя.

6. Элементы 1-й строки матрицы (определяющие связи узла BOX 0 «Внешняя среда» с другими узлами) заполнить сначала нулевыми значениями (0), а потом уточнить их по следующему алгоритму: взять очередной подузел ARROWSEG узла DIAGRAM GRAPHIC A-0 и проанализировать его:

6.1. Посмотреть значение параметра SINK (конечная точка стрелки) найденного подузла ARROWSEG:

6.1.1. Если он содержит элементы (TUNNEL) BORDER (граница диаграммы) или TUNNEL BOX (туннельный вход в блок – недостаток данных), то проигнорировать его и перейти к следующему подузлу ARROWSEG.

6.1.2. Если он содержит элементы BRANCH (ветвление стрелки) или JOIN (объединение стрелки), то перейти по ссылке к связанному подузлу ARROWSEG и выполнить для него п. 6.1 данного алгоритма.

6.1.3. Если он содержит элемент BOX, то перейти по ссылке к связанному подузлу BOX и посмотреть наличие у него параметра DETAIL REFERENCE N:

6.1.3.1. Если он есть, то перейти по ссылке к указанному в его значении узлу DIAGRAM GRAPHIC, найти в нём подузел ARROWSEG с тем же названием (LABEL), что и у текущего подузла ARROWSEG, и выполнить для него п. 6.1.

6.1.3.2. Если его нет, то в соответствующую ячейку 1-й строки матрицы нужно записать значение 1.

6.2. Если проанализированы ещё не все подузлы ARROWSEG узла DIAGRAM GRAPHIC A-0, то повторить к п. 6.1 для очередного.

7. Элементы 2-й и далее (до N-й) строки матрицы заполнить сначала нулевыми значениями, а потом уточнить их по следующему алгоритму, для каждого узла BOX, номер которого подписан у заполняемой строки матрицы:

7.1. В соответствующем узле DIAGRAM GRAPHIC найти очередной подузел ARROWSEG, значение параметра SOURCE (исходная точка стрелки) которого равно номеру анализируемого (п. 7) узла BOX.

7.2. Посмотреть значение параметра SINK найденного подузла ARROWSEG:

7.2.1. Если он содержит элемент TUNNEL BORDER (туннельный уход в границу диаграммы – недостаток данных) или TUNNEL BOX, то проигнорировать его и перейти к следующему подузлу ARROWSEG (п. 7.1).

7.2.2. Если он содержит элементы BRANCH или JOIN, то перейти по ссылке к связанному подузлу ARROWSEG и выполнить для него п. 7.2 данного алгоритма.

7.2.3. Если он содержит элемент BORDER, то посмотреть на номер текущего (п. 7.1) узел DIAGRAM GRAPHIC:

7.2.3.1. Если он равен A-0 (то есть это контекстная диаграмма), то в 1-ю ячейку текущей строки матрицы нужно записать значение 1.

7.2.3.2. Если он не равен A-0 (то есть это одна из декомпозиционных диаграмм), то перейти к родительскому узлу DIAGRAM GRAPHIC, найти в нём подузел ARROWSEG с тем же названием (LABEL), что и у текущего (п. 7.1) подузла ARROWSEG, и выполнить для него п. 7.2.

7.2.4. Если он содержит элемент BOX, то перейти по ссылке к связанному подузлу BOX и посмотреть наличие у него параметра DETAIL REFERENCE N:

7.2.4.1. Если он есть, то перейти по ссылке к указанному в его значении узлу DIAGRAM GRAPHIC, найти в нём подузел ARROWSEG с тем же названием (LABEL), что и у текущего (п. 7.1) подузла ARROWSEG, и выполнить для него п. 7.2.

7.2.4.2. Если его нет, то в соответствующую ячейку текущей строки матрицы нужно записать значение 1, при условии, что номера связанных подузлов BOX не совпадают.

Программная реализация данного алгоритма на языке Object Pascal (Delphi) приведена в прил. D. Алгоритм реализован в виде отдельного Windows-приложения (программы) с графическим интерфейсом пользователя (Рис. 16), которое позволяет осуществить не только автоматическое построение матрицы смежности для орграфа, но и расчёт его структурных параметров, используемых в структурном анализе.



- **Матрица смежности** размером  $80 \times 80$  является весьма разреженной (из 6400 ячеек единицами заполнено 992, то есть 15,5%).

- На основе построенной матрицы кратчайших путей получено значение общей структурной близости элементов модели между собой,  $Q = 12001$ , которое с использованием значения минимальной структурной компактности (для аналогичного полного орграфа)  $Q_{\min} = 6320$  позволило вычислить значение **относительной структурной компактности** модели  $Q_{\text{отн}} = 0,90$ , то есть модель едва ли можно назвать компактной (менее компактна, чем аналогичный полный орграф, почти в 2 раза), но с учётом масштабов предприятия это вполне допустимо.

- Значение **диаметра структуры** модели (максимальное значение матрицы кратчайших путей)  $d = 4$ , что для модели такого масштаба более чем приемлемо, так как граф из 80 вершин имеет ограничения  $d_{\min} = 1$  и  $d_{\max} = n - 1 = 80 - 1 = 79$ , а полученное значение  $d > d_{\min}$  всего в 4 раза, зато  $d < d_{\max}$  почти в 20 раз. К сожалению, сделать какие-то дополнительные выводы на основе полученного значения  $d$  не представляется возможным, так как задача оптимизации диаметра графа является нетривиальной [83, 84].

- **Матрица связности (достижимости)**, построенная на основе матрицы кратчайших путей, заполнена единицами практически полностью (87,9%), то есть является сильно связанной, что говорит о том, что модель цельна, полна и непротиворечива, а реализуемому процессному подходу свойственна сквозная обработка информации, материалов и энергии с обратной связью. Исключение (нули) в матрице связности составляют лишь диагональные элементы (переходы элементов в самих себя не рассматривались) и 9 строк, описывающих переходы из 9 блоков (например, из блока А24.3 «Обеспечивать разработку процессов внутреннего обмена информацией»), – которые были выявлены как висячие вершины орграфа лишь потому, что их выходы заведены в анализировавшейся модели в разрешённые туннели, не поддающиеся автоматизированной обработке.

- Значение **структурной избыточности**  $R = 5,3$  говорит о значительной избыточности модели, что, как уже отмечалось выше, является признаком большой надёжности.

- Значение **средней степени вершины**  $\bar{\rho} = 24,8$  кажется чрезмерным, ибо большинство значений действительных степеней  $i$ -той вершины построенного орграфа значительно меньше его, однако это имеет своё объяснение: значение средней степени вершины является завышенным прежде всего из-за влияния очень большого значения действительной степеней 0-вой вершины («Внешней среды»), тесно взаимосвязанной с остальными.

- **Сумма квадратов отклонений действительных степеней вершин от среднего**  $\varepsilon^2 = 22922,8$ , однако невозможность сравнения этого значения с каким-либо другим (как это было при выборе вариантов моделей, см. формулы (19)-(20)) не позволяет сделать какой-либо вывод. В связи с этим предлагается рассчитать среднеквадратическое отклонение:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\varepsilon^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{22922,8}{80-1}} = 17,0 \quad (30)$$

С учётом средней степени вершины  $\bar{\rho} = 24,8$  такое значение говорит о том, что большинство вершин орграфа модели обладает действительными степенями порядка  $\bar{\rho} - \varepsilon = 24,8 - 17,0 \approx 7,8$  (включая входные и выходные стрелки, стрелки ограничений и механизмов), что подтверждается визуальным контролем IDEF0-модели.

- **Структура (топология) модели** является смешанной и представляет собой комбинацию кольцевой и радиальной структур в стремлении к структуре полного графа, в контексте теории систем управления качеством известному как «звезда качества».

- Значение **индекса центральности**  $\delta = 0,73$  довольно точно соответствует значению, полученному ранее (24) для декомпозиции первого уровня модели ( $\delta_1 = 0,76$ ). Это снова говорит о том, что анализируемой модели свойственна достаточно высокая степень централизации (это

определяется стандартами ISO 9001 и ISO 14001 через ответственность руководства и, в частности, выделение специального представителя руководства), однако имеется и некоторое существенное тяготение к децентрализации [55, 86], что обеспечивает большую оперативность управления ИСУ.

- **Матрица-вектор рангов** содержит 80 элементов, заполненных значениями от 0,047 (блок A32.1 «*Проверять адекватность*») и 0,044 (блок A54.1 «*Проводить мониторинг и измерение продукции и окружающей среды*») до 0,001 (блоки A33.5 «*Восстанавливать записи*», A33.4 «*Защищать записи*» и A23.3 «*Сохранять целостность ИСУ при планировании и внедрении изменений*») – соответственно, первые два блока являются наиболее значимыми, сильно связанными, а последние три – наоборот, наименее значимыми, слабо связанными. Блок 0 «*Внешняя среда*» на этот раз оказался лишь на 21-м месте (из 80 возможных) со значением 0,017.

### 3.3. Структурный анализ полииерархической DFD-модели

В [53] для структурного анализа DFD-модели предлагается использовать приведение диаграммы одного из уровней к орграфу, в котором вершинами бы являлись потоки данных, а дугами – их взаимосвязь через процессы, хранилища и информационный канал [38]. Однако такой подход имеет недостатки, в частности:

- не рассматривается вопрос планаризации полииерархических моделей;
- как следствие этого, в матрице смежности, используемой в качестве основных исходных данных для анализа, не учитываются случаи декомпозиции и синтеза потоков данных;
- некоторые случаи установки взаимосвязи потоков данных через процессы могут быть некорректными (например, когда у процесса имеется несколько входных и несколько выходных потоков, и для генерации

конкретного выходного потока в процессе может не использоваться какой-то входной поток).

В связи с этим в настоящей работе предлагается использовать другой подход, который не имеет указанных недостатков, включает в себя планаризацию полииерархической DFD-модели с построением орграфа и использует наработки п. 3.2.1.

### 3.3.1. Планаризация полииерархической DFD-модели

Планаризация полииерархической DFD-модели несколько отличается от планаризации полииерархической IDEF0-модели (см. п. 3.2.1) и выполняется по алгоритму, представленному на Рис. 17.

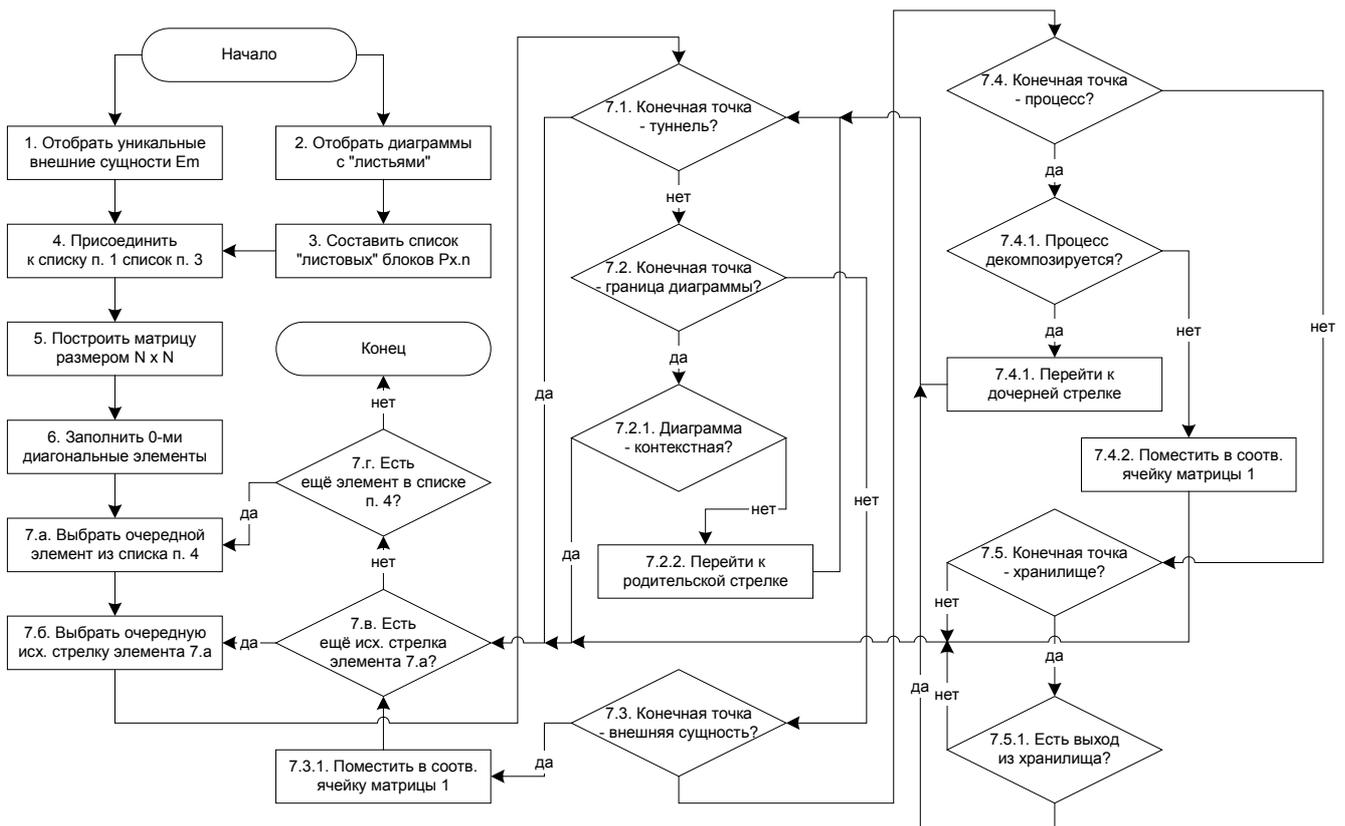


Рис. 17. Алгоритм планаризации полииерархической DFD-модели

Его словесное описание выглядит следующим образом:

1. С учётом замечания п. 2.3 об использовании в качестве внешней среды ИСУ внешних сущностей DFD; отобрать из дерева DFD-модели все уникальные внешние сущности, составить их список, дать им номера вида

$E_m$  (где  $m$  – абсолютный номер внешней сущности в модели) и отсортировав список по ним.

2. Отобрать из дерева DFD-диаграмм все диаграммы, на которых присутствуют недекомпозированные процессы («листья»).

3. Составить список всех недекомпозированных процессов отобранных (в п. 2 данного алгоритма) диаграмм, дав им номера вида  $P_x.n$  (где  $x$  – это номер диаграммы в её идентификаторе вида  $A_x$ , а  $n$  – номер процесса на диаграмме) и отсортировав список по ним.

4. Присоединить к списку внешних сущностей (п. 1 данного алгоритма) список недекомпозированных процессов (п. 3 алгоритма).

5. Построить квадратную матрицу размером  $N \times N$  (где  $N$  – число элементов в списке после п. 4 данного алгоритма), поименовав столбцы и строки отсортированными номерами элементов.

6. Заполнить элементы главной диагонали матрицы (п. 5 данного алгоритма) нулевыми значениями (0), что означает отсутствие переходов вершин орграфа в самих себя.

7. Элементы  $i$ -той строки матрицы (определяющие дуги, исходящие из  $i$ -той вершины орграфа) заполнить значениями по следующему алгоритму: для каждой стрелки, исходящей из внешней сущности или процесса, определить её конечную точку:

7.1. Если конечная точка является туннелем, то проигнорировать эту стрелку (недостаток информации) и перейти к следующей.

7.2. Если конечная точка является границей диаграммы, то проверить уровень текущей диаграммы.

7.2.1. Если текущая диаграмма является контекстной, то проигнорировать текущую стрелку (связь с внешней средой вообще, а не с конкретной внешней сущностью) и перейти к следующей.

7.2.2. Если текущая диаграмма является декомпозирующей, то перейти к родительской диаграмме, найти на ней стрелку с таким же именем, определить её конечную точку и перейти к одному из подпунктов 7.x данного алгоритма.

7.3. Если конечная точка является внешней сущностью, то в I-тую ячейку соответствующего ей столбца матрицы записать значение 1.

7.4. Если конечная точка является процессом, то проверить наличие у него декомпозиции.

7.4.1. Если этот процесс имеет декомпозицию, то перейти к декомпозирующей диаграмме, найти на ней стрелку с таким же именем, определить её конечную точку и перейти к одному из подпунктов 7.x данного алгоритма.

7.4.2. Если этот процесс не имеет декомпозиции (является «листом»), то в I-тую ячейку соответствующего ему столбца матрицы записать значение 1.

7.5. Если конечная точка является хранилищем, то найти стрелку с таким же именем, исходящую из него.

7.5.1. Если одноимённая стрелка из хранилища не исходит, то проигнорировать стрелку (информационный тупик, хранилище в роли «чёрной дыры») и перейти к следующей.

7.5.1. Если одноимённая стрелка, исходящая из хранилища найдена, то определить её конечную точку и перейти к одному из подпунктов 7.x данного алгоритма.

**Замечания.** Полученная матрица будет являться матрицей смежности для орграфа, соответствующего исходной DFD-модели, со следующими замечаниями:

- Взаимосвязь ИСУ с внешней средой иначе, чем через внешние сущности, игнорируется.

- Туннели, как разрешённые, так и (особенно) неразрешённые, рассматриваются в алгоритме Рис. 17 как обрывы дуг, хотя в общем случае они означают недостаток информации, и их более корректная обработка должна происходить с привлечением человеческого фактора (ИТ-консультанта).

- Отслеживание прохождения потоков данных через хранилища является нетривиальной задачей, так как не всегда входной поток данных можно обнаружить на выходе хранилища по его имени (например, в случае смыслового разделения или объединения потоков данных внутри хранилища).

- Все стрелки DFD-модели, несмотря на их разнородную природу, в процессе преобразования в дуги орграфа получают одинаковые веса, равные единице. Дальнейшее развитие алгоритма Рис. 17 связано с построением взвешенного графа.

Графическое представление орграфа, полученного в результате планаризации, может оказаться весьма перегруженным и ненаглядным, но его представление в виде матрицы смежности является достаточным для последующего структурного анализа.

### **3.3.2. Автоматизация процесса планаризации DFD-модели**

К сожалению, использованное средство моделирования (*AllFusion Process Modeler*) является коммерческим продуктом с закрытым кодом, и свои DFD-модели оно не способно выгружать в какой-либо другой формат, кроме своего собственного (бинарные файлы *\*.bp1* закрытого формата). Возможности сохранить DFD-модель в какой-либо текстовый формат (вроде использованного в п. 3.2.2 формата IDL) не существует.

Единственное, чем можно автоматизировать процесс планаризации DFD-модели, – это выгрузить в виде простых текстовых файлов словари терминов (названий потоков данных, процессов, хранилищ и внешних сущностей). Всё остальное придётся делать вручную, в том числе составлять матрицу смежности для орграфа.

Всё описанное выше является техническими препятствиями (в частности, закрытость формата файла DFD-модели), которые никак не влияют на важность алгоритма планаризации, предложенного в п. 3.3.1.

### 3.3.3. Автоматизированный структурный анализ DFD-модели

В рамках дальнейшей формализации ИСУ ПО «Полированное стекло» была проведена работа по построению полной (многоуровневой) модели потоков данных (DFD). Её структурный анализ позволяет получить количественные характеристики модели ИСУ и оценить их с точки зрения информационного обеспечения ИСУ (информационной полноты, непротиворечивости и т. п.). Однако некоторые технические трудности, отмеченные в п. 3.3.2, не позволили реализовать описанный в п. 3.3.1 алгоритм программно, чтобы планаризация и расчёт структурных характеристик модели выполнялись автоматически.

Так как разработанная полная DFD-модель ИСУ ПО «Полированное стекло» по своим размерам (в частности, по числу процессов – 79) также велика, как и рассмотренная в п. 3.2.3 полная IDEF0-модель, а в отсутствие возможности автоматического построения соответствующей матрицы смежности её ручное построение будет очень трудоёмким и, весьма вероятно, неточным, то предлагается в качестве примера выполнить частичный анализ первой DFD-модели, рассмотрев только контекстную диаграмму A-0 (Рис. 18) и её декомпозицию A0 (Рис. 19).

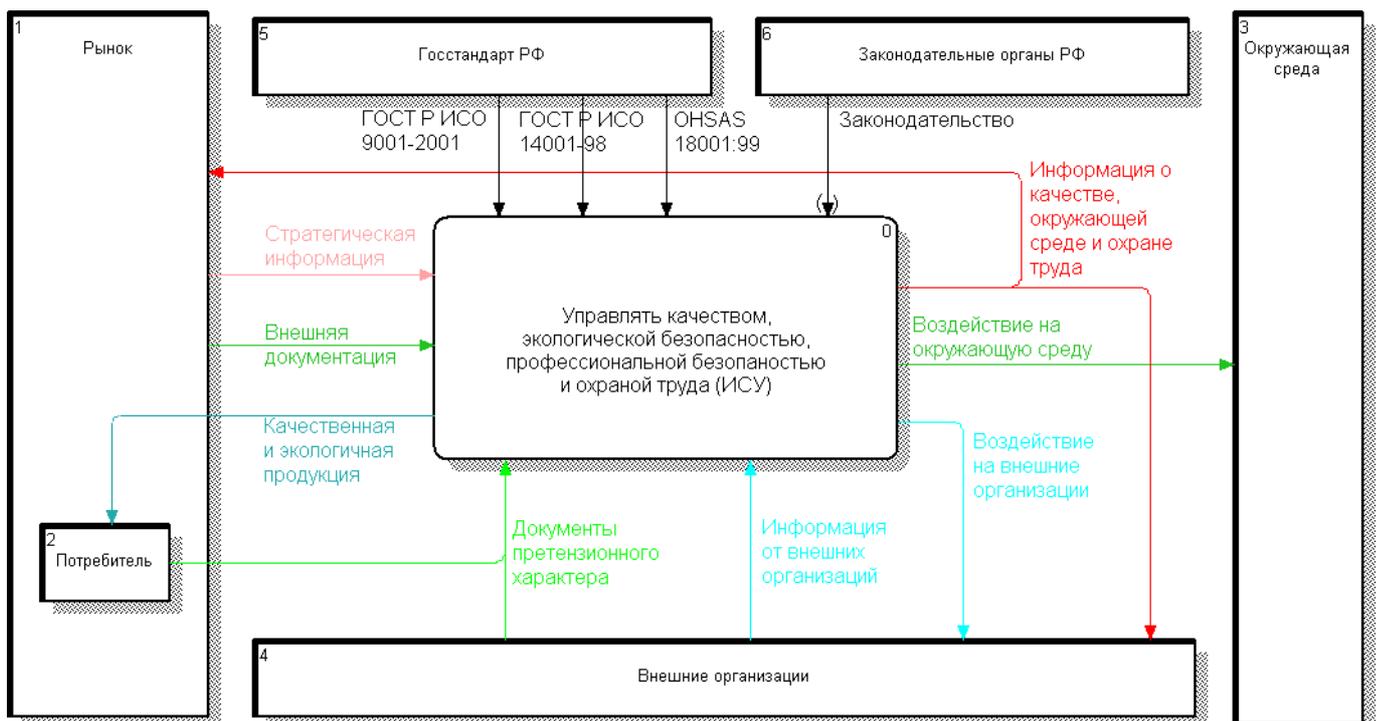


Рис. 18. Контекстная DFD-диаграмма ИСУ

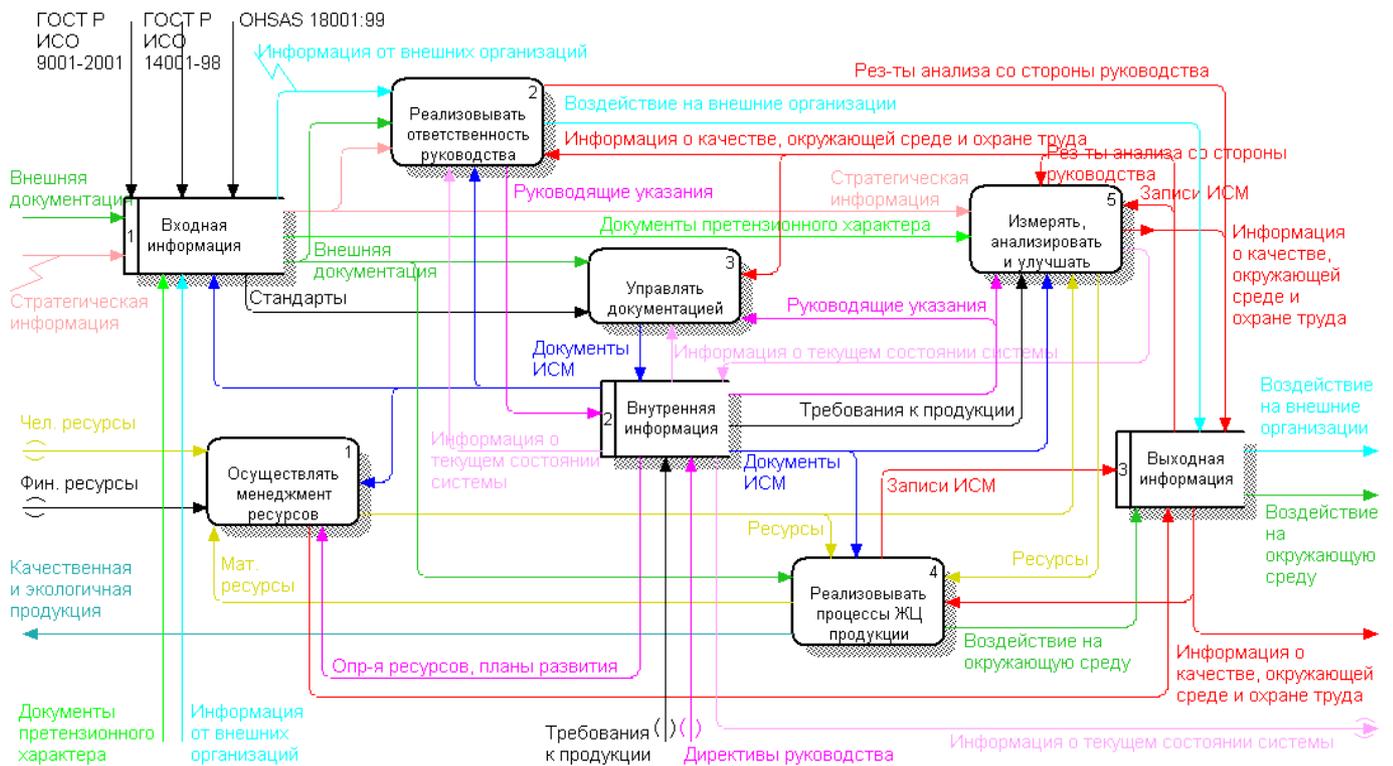


Рис. 19. Первая декомпозирующая DFD-диаграмма ИСУ

Для того чтобы алгоритм п. 3.3.1 при заданном ограничении (рассмотрение только двух уровней диаграмм DFD-модели) работал корректно, а также для того, чтобы из среды моделирования можно было выгрузить адекватные словари терминов (названий потоков данных, процессов, хранилищ и внешних сущностей), необходимо сначала удалить из модели все нерассматриваемые декомпозиции и очистить словари от неиспользуемых терминов.

Далее, следуя алгоритму, изложенному в п. 3.3.1, получаем:

1. Внешние сущности имеются только на диаграмме А-0, поэтому их экспортированный из среды моделирования список изначально содержит только уникальные элементы. Отсортированный список внешних сущностей будет выглядеть следующим образом:

- E1 «Рынок»
- E2 «Потребитель»
- E3 «Окружающая среда»
- E4 «Внешние организации»
- E5 «Госстандарт РФ»

- E6 «*Законодательные органы РФ*»

2. В рамках оговоренного ограничения на число рассматриваемых уровней модели первая же декомпозиция (A0) будет считаться и последней (недекомпозированной), и вообще она будет единственной содержащей недекомпозированные процессы.

3. Недекомпозированные процессы имеются только на декомпозирующей диаграмме A0, поэтому из экспортированного списка процессов модели необходимо удалить единственный процесс контекстной диаграммы. Отсортированный список недекомпозированных процессов: будет выглядеть следующим образом:

- P0.1 «*Осуществлять управление ресурсами*»
- P0.2 «*Реализовывать ответственность руководства*»
- P0.3 «*Управлять документацией*»
- P0.4 «*Реализовывать процессы жизненного цикла продукции*»
- P0.5 «*Измерять, анализировать и улучшать*»

4. Общий список элементов (вершин будущего орграфа) получается посредством простого присоединения к списку п. 1 (6 элементов) списка п. 3 (5 элементов), поэтому отдельно приводиться не будет.

5. Соответствующая матрица смежности будет иметь размер 11x11 элементов (Табл. 5).

6. Её 11 диагональных элементов заполняются нулями (Табл. 5), что означает отсутствие переходов внешних сущностей и процессов в самих себя.

7. В результате итерационного исполнения основной части алгоритма п. 3.3.1 матрица смежности приобретает вид, представленный в Табл. 5.

Матрица смежности DFD-модели

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	P0.1	P0.2	P0.3	P0.4	P0.5
E1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
E2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
E3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
E5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
E6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P0.1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1
P0.2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1
P0.3	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
P0.4	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1
P0.5	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0

Дальнейший структурный анализ этой модели по алгоритму, аналогичному использованному в п. 3.1, показал следующее:

- **Матрица смежности** размером 11x11 является весьма разреженной (из 121 ячейки единицами заполнено 30, то есть 24,8%), хотя более заполненной, чем аналогичная матрица IDEF0-модели.

- На основе построенной матрицы кратчайших путей получено значение общей структурной близости элементов модели между собой,  $Q = 127$ , которое с использованием значения минимальной структурной компактности (для аналогичного полного орграфа)  $Q_{\min} = 110$  позволило вычислить значение **относительной структурной компактности** модели  $Q_{\text{отн}} = 0,16$ , то есть при оговоренном ограничении детальности DFD-модели она является весьма компактной (чуть менее компактна, чем аналогичный полный орграф).

- Значение **диаметра структуры** модели (максимальное значение матрицы кратчайших путей)  $d = 3$  может показаться достаточно большим

для модели такого масштаба (граф из 80 вершин имеет ограничения  $d_{\min} = 1$  и  $d_{\max} = n - 1 = 11 - 1 = 10$ , а полученное значение  $d$  находится почти посередине между ними), однако это объясняется оговоренным ограничением детальности DFD-модели, а кроме того согласуется с аналогичными значениями, полученными ранее в пп. 3.1 и 3.2.3.

- **Матрица связности (достижимости)**, построенная на основе матрицы кратчайших путей, заполнена единицами на 60,3%, что, казалось бы, должно говорить о слабой связности модели, однако на самом деле это является следствием, во-первых, наличия на диаграммах Рис. 18 и Рис. 19 большого числа туннелей, а во-вторых, разделения и объединения потоков данных внутри хранилищ, – обе эти проблемы, как было отмечено в замечаниях к п. 3.3.1, являются нетривиальными. Усовершенствованный алгоритм п. 3.3.1 позволяет различать ситуации, когда та или иная вершина полученного орграфа действительно недостижима из другой вершины (имеются обрывы в потоках данных и потеря информации), и ситуации, когда имеется неопределённость в достижимости. Дополнительная проверка части DFD-модели, представленной на Рис. 18 и Рис. 19 с привлечением человеческого фактора (ИТ-консультанта) обрывов в структуре модели не обнаружила.

- Значение **структурной избыточности**  $R = 0,5$  говорит об избыточности, близкой к минимальной. Однако это вовсе не означает, что такая же небольшая избыточность будет свойственна полной DFD-модели – по аналогии с тем, как была обнаружена существенная разница между значением структурной избыточности  $R = 0,8$  (16), полученным для частичной IDEF0-модели в п. 3.1, и значением структурной избыточности  $R = 5,3$  для той же модели в её полном виде, полученным в п. 3.2.3.

- Значение **средней степени вершины**  $\bar{\rho} = 5,5$  сразу воспринимается адекватным прежде всего потому, что при анализе DFD-модели искусственное понятие «Внешняя среда» (введенное в процессе

планаризации IDEF0-модели в п. 3.2.1) было заменено на более предметные внешние сущности, присутствующие на DFD-диаграммах.

- **Сумма квадратов отклонений действительных степеней вершин от среднего**  $\varepsilon^2 = 156,7$ , однако это значение само по себе не позволяет сделать какой-либо вывод (как это уже отмечалось в п. 3.2.3), поэтому предлагается по аналогии с (30) рассчитать среднеквадратическое отклонение:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{156,7}{11-1}} = 4,0 \quad (31)$$

Такое значение говорит о некоторой неравномерности распределения потоков данных между вершинами орграфа (внешними сущностями и процессами), однако с учётом средней степени вершины  $\bar{\rho} = 5,5$  это определяет статистические границы числа степеней вершин как  $[1,5...9,5]$ , что подтверждается визуальным контролем DFD-модели.

- **Структура (топология) модели** является смешанной и представляет собой комбинацию кольцевой и радиальной структур в стремлении к структуре полного графа, в контексте теории систем управления качеством известному как «звезда качества».

- Значение **индекса центральности**  $\delta = 0,30$  существенно отличает модель потоков данных (DFD-модель) ИСУ от ранее рассмотренной (в п. 3.2.3) функциональной модели (IDEF0-модели) – модель потоков данных является более децентрализованной, что определяется стандартами интегрируемых систем управления через требований не выделять, например, документы ИСУ (её подсистем) в специальную систему документооборота (см. введение), и обеспечивает более оперативную поставку информации для принятия локальных управленческих решений.

- **Матрица-вектор рангов** содержит 11 элементов, заполненных значениями от 0,204 (процесс P0.5 «Измерять, анализировать и улучшать») до 0 (внешние сущности E5 «Госстандарт РФ» и E6 «Законодательные органы РФ») – соответственно, первый элемент

(процесс) является наиболее значимым (требование постоянного совершенствования заложено во всех стандартах на системы управления), а последние два (внешние сущности) – наоборот, наименее значимыми, слабо связанными. В случае с внешней сущностью E5 «Госстандарт РФ» это объясняется объединением исходящих из него потоков данных в хранилище № 1 «Входная информация» на диаграмме A0 в единый поток «Стандарты» (из-за этого связность внешней сущности E5 с другими элементами модели формально снижается в 3 раза). В случае с внешней сущностью E6 «Законодательные органы РФ» это объясняется разрешённым туннелем, в который на диаграмме A-0 отправилась единственная стрелка «Законодательство РФ», связывающая E6 с другими элементами модели, и который при выполнении алгоритма планаризации был проигнорирован.

### **Выводы по главе 3**

1. Разработана методика обоснования и выбора варианта интеграции систем управления качеством, экологической безопасностью, профессиональной безопасностью и охраной труда на производстве листового стекла, в единую систему, основанная на структурном анализе оргграфов, соответствующих IDEF0-моделям. Методика позволяет сделать выбор варианта интеграции более формальным – в отличие от чисто интуитивного подхода на основе опыта ИТ-консультанта.

2. Разработана методика структурного анализа полииерархических IDEF0- и DFD-моделей с использованием аппарата теории графов, включая алгоритмы планаризации IDEF0- и DFD-моделей. Методика позволяет формально отнестись к процессу планаризации полииерархических моделей и их последующему структурному анализу, максимально его автоматизируя.

3. Предложенный алгоритм планаризации и структурного анализа IDEF0-модели был реализован в виде отдельного Windows-приложения, которое позволяет продемонстрировать основные этапы анализа IDEF0-модели, её планаризации и расчёта структурных характеристики.

## ГЛАВА 4. ВНЕДРЕНИЕ ИСУ В ПО «ПОЛИРОВАННОЕ СТЕКЛО»

Внедрение ИСУ в производственном объединении (ПО) «*Полированное стекло*» ОАО «*Борский стекольный завод*» силами работников ПО и научного коллектива кафедры ИСИМ ВлГУ проходило в несколько этапов [56]:

1. Переход существовавшей системы управления качеством со старой версии стандарта ISO 9001:1994 на новую версию ISO 9001:2000, включая соответствующую сертификацию.

2. Построение на основе системы управления качеством ИСУ, соответствующей ещё двум стандартам, ISO 14001:1996 и OHSAS 18001:1999, включая сертификации соответствующих подсистем.

3. Ежегодная оценка эффективности функционирования ИСУ по подсистемам управления качеством, экологической безопасностью, профессиональной безопасностью и охраной труда.

Ниже эти этапы будут описаны более подробно с точки зрения участия в них научного коллектива кафедры ИСИМ ВлГУ, в том числе с применением теоретических положений настоящей диссертации.

### **4.1. Построение процессной модели существующей<sup>1</sup> системы управления качеством**

Со второго квартала 2002 года началось сотрудничество кафедры ИСИМ (тогда ещё кафедры ИВТ – информатики и вычислительной техники) ВлГУ, точнее, её научного коллектива под руководством проф., д. т. н. Макарова Р. И. и со значительным участием автора настоящей диссертации, с ПО «*Полированное стекло*» в части обследования существующей на предприятии системы управления качеством, её формализации (описания процессов) и выработки рекомендаций по переходу к соответствию стандарту ISO 9001:2000 [63, 64].

---

<sup>1</sup> Здесь и далее термин «существующая» (as is) подразумевает существование на тот момент времени.

#### 4.1.1. Обследование существующей системы управления качеством

При проведении обследования существующей системы управления качеством ПО «Полированное стекло» использовалась методика, в основу которой положена разработанная в Уфимском государственном авиационном техническом университете (УГАТУ) методика [57], апробированная при создании ряда информационно-управляющих систем [58]. Указанная методика адаптирована к особенностям решаемой задачи.

Первоначальное обследование системы управления качеством ПО «Полированное стекло» было проведено сотрудниками кафедры ИСИМ (ИВТ) ВлГУ, в том числе автором настоящей диссертации, на месте, то есть в самом ПО «Полированное стекло». Обследование включало в себя анализ материалов, представленных самим ПО, и устное интервьюирование и анкетирование непосредственных исполнителей на местах. Было проведено свыше 20 интервью с работниками ПО, представляющими все основные направления его деятельности (Табл. 6), которые затем были систематизированы.

Табл. 6

##### Перечень интервью с работниками ПО «Полированное стекло»

№	Подразделение	Должность	Примечание
1	Цех выработки шихты (№ 90)	Заместитель начальника цеха	Ответственный по системе управления качеством в цехе
2	Цех выработки шихты (№ 90)	Экономист	
3	Цех выработки шихты (№ 90)	Начальник цеха	
4	Центральная заводская лаборатория (ЦЗЛ)	Начальник лаборатории	
5	Отдел управления качеством (подразделение ОАО)	Начальник отдела	
6	Цех горячего стекла (ЦГС, часть цеха № 71)	Стекловар	
7	Цех горячего стекла (ЦГС, часть цеха № 71)	Оператор лера	
8	Цех горячего стекла (ЦГС, часть цеха № 71)	Оператор формования (оператор флоат-ванны)	

№	Подразделение	Должность	Примечание
9	Цех холодного стекла (ЦХС, часть цеха № 71)	Оптимизатор резки стекла	
10	Контрольно-испытательная станция (КИС, часть цеха № 71)	Лаборант	
11	Коммерческий отдел	Специалист по рекламациям	
12	Коммерческий отдел	Начальник отдела	
13	Коммерческий отдел	Специалист по планированию off-line	
14	Коммерческий отдел	И.о. руководителя индустриального бюро	
15	Цех холодного стекла (ЦХС, часть цеха № 71)	Оператор-наладчик стекольных (полу)автоматов	
16	Группа качества цеха № 71	Инженер по качеству	
17	Склад готовой продукции	Инженер-технолог	
18	Экономический департамент (финансовая служба)	Главный экономист	
19	Отдел по персоналу и обучению	Начальник отдела	
20		Координатор системы качества	Ответственный по системе управления качеством в ПО
21	Инженерная служба	Инженер-механик ЦХС	

В результате обследования выявлено следующее:

- Система управления качеством сертифицирована по старой версии ISO 9000:1994, а с выходом новой версии ISO 9000:2000 это означает не только то, что эта система управления качеством морально устарела, но и что действие её сертификата будет автоматически прекращено 15 декабря 2003 года. Соответственно, скорейший переход системы управления качеством на соответствие новой версии стандартов является необходимым.

- Организационная структура системы управления качеством относится к типу функциональной структуры управления. В ней просматривается деление системы управления качеством на отдельные элементы, каждый из которых имеет свою чётко определённую, конкретную задачу и обязанности. Создание функциональной структуры свелось к группировке персонала по задачам, которые они выполняют. Это производство полированного стекла, охватывающее цеха выработки шихты

[65], горячего стекла и холодного стекла, склад готовой продукции, экономический департамент, коммерческий отдел, инженерная служба, отдел по персоналу и обучению. Конкретные характеристики и черты деятельности того или иного подразделения соответствуют важным направлениям деятельности всего ПО. Цепочка команд поступает от координатора системы управления качеством и устремляется сверху вниз, к ответственным по системе управления качеством в подразделениях и далее, к рядовым исполнителям. Функциональная организация направлена на стимулирование качества управления и стимулирование творческого начала. Вместе с тем в этой структуре сложной является задача поддержания взаимодействия между разными функциями, например, между производством, экономическим департаментом, коммерческим отделом и другими элементами структуры. Реализация различных функций предполагает разные сроки, цели и принципы, что делает трудным координацию деятельности отдельных элементов системы управления качеством и её календарное планирование. Функциональная структура подходит для ПО «*Полированное стекло*», так как оно имеет узкую номенклатуру продукции, которая действует в среде с небыстро меняющимися потребительскими и технологическими потребностями. Функциональная организация может давать сбои, так как логика такой организации заключается в централизованном контроле, который нелегко адаптируется к усложнению внутренних и внешних связей, к борьбе за рынки сбыта продукции, к динамизму внедрения технических новшеств и др. [63].

- Подразделения и их основные функции, определённые в ходе проведённого обследования представлены в Табл. 7.

Табл. 7

*Подразделения ПО «Полированное стекло» и их основные функции*

Подразделение	Функции
Цех выработки шихты (ЦЗЛ)	Входной контроль сырья, контроль процесса приготовления шихты, контроль качества шихты.
Цех горячего стекла	Контроль технологических параметров варки-выработки стекла.

Подразделение	Функции
Цех холодного стекла	Контроль качества ленты стекла, резка и раскрой ленты стекла, контроль качества листов стекла.
Склад готовой продукции	Контроль качества готовой продукции, складирование и хранение.
Коммерческая служба	Планирование выпуска продукции, обработка рекламаций и пожеланий потребителей.
Финансовая служба	Сбор и обработка информации о выпуске, производительности, финансовый контроль и отчётность.
Инженерный отдел	Обеспечение работы технологического оборудования.
Отдел по персоналу	Подбор кадров, управление персоналом, обучение.

- Документооборот подразделений, выявленный в ходе проведённого обследования, представлен в Табл. 8.

Табл. 8

*Документооборот подразделений ПО «Полированное стекло»*

Источник	Приемник	Информация
Цех выработки шихты	ЦЗЛ	Информация с дозировочно-смесительной линии (ДСЛ)
Цех выработки шихты	Склад сырья	Информация о запасах сырья в цехе
Цех горячего стекла	Цех выработки шихты	Запрос на бой
ЦЗЛ	Цех выработки шихты	Анализ компонентов; анализ шихты; корректировка рецепта шихты; корректировка температуры и влажности; разрешения на загрузку, включение смесителей
Склад сырья	Цех выработки шихты	Информация о запасах сырья
Коммерческий отдел	Цех выработки шихты	План по шихте
Цех холодного стекла	Цех горячего стекла	Анализы КИС
Инженерная служба	Цех холодного стекла	График ремонтов
Инженерная служба	Цех горячего стекла	График ремонтов
Цех холодного стекла	ЦЗЛ	Требования к влажности и температуре шихты
Цех холодного	Склад готовой	Маркировка блоков

Источник	Приемник	Информация
стекла	продукции	
Склад готовой продукции	Цех холодного стекла	Брак на переработку
Склад готовой продукции	Финансовая служба	Информация о движении готовой продукции по складу
Инженерная служба	Финансовая служба	Планы по капитальным ремонтам и инвестициям
Отдел по персоналу	Финансовая служба	Численность и состав персонала
Инженерная служба	Отдел закупок	Запрос на закупку оборудования и материалов
Потребители	Коммерческий отдел	Рекламации
Коммерческий отдел	Цех холодного стекла	Планирование off-line
Склад готовой продукции	Потребители	Документы на отгрузку
Финансовая служба	Руководство	Отчёты по движению стекла, технологические отчёты

Упрощённо схема существовавшего документооборота, построенная на основе информации Табл. 8, представлена на Рис. 20.

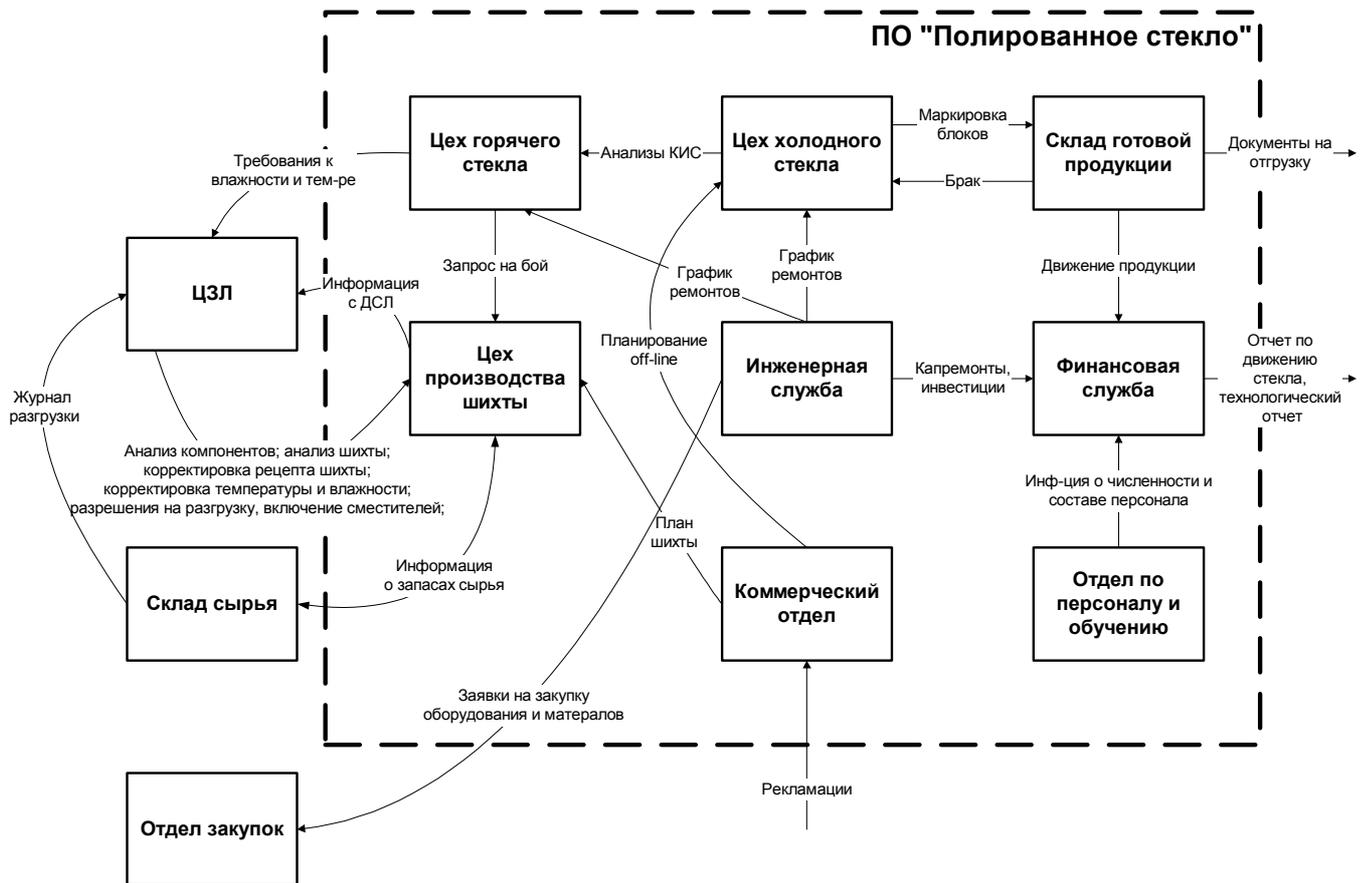


Рис. 20. Схема существовавшего документооборота ПО

- Состав комплекса технических средств (КТС), выявленных в ходе проведённого обследования, представлен в Табл. 9.

Табл. 9

*КТС, используемых в ПО «Полированное стекло»*

Отдел	Должность	ПЭВМ	Загрузка, ч.	Основное ПО	Разработчик ПО
Цех производства шихты	Центральный пульт управления	Compaq P-60	24	АСУ дозировочно-смесительной линии	ООО «Акма» (Санкт-Петербург)
		Compaq P-60	24	АСУ поточно-транспортной линии	ООО «Акма» (Санкт-Петербург)
	Комната мастеров	R-Style P-60	24	АРМ сменного мастера	ООО «Акма» (Санкт-Петербург)
	Заместитель начальника цеха	P-166 MMX	8	АРМ заместителя начальника цеха	ООО «Акма» (Санкт-Петербург)

Отдел	Должность	ПЭВМ	Загрузка, ч.	Основное ПО	Разработчик ПО
	Лаборатория	R-Style P-166	24	APM лаборанта	ООО «Акма» (Санкт-Петербург)
	Экономист	нет	0	APM экономиста	ООО «Акма» (Санкт-Петербург)
ЦЗЛ	Начальник ЦЗЛ	Compaq P-III	8	PI (Plant Information)	OSI Software + АСУТП ОАО «БСЗ»
ОУК	Начальник ОУК	Compaq P-III	8	MsOffice 2000, MsProject, MsVisio 2000, IE	Microsoft (США)
	Инженер бюро статистических методов управления качеством	Compaq P-III	8	Quality Informator, Quality Attestator	ООО «Приоритет» (Н. Новгород)
	Инженер бюро стандартизации и сертификации	Compaq P-II	8	Электронный справочник ГОСТов, каталог учёта ГОСТов по подразделениям	Пермский ЦНТИ, отдел ИТ ОАО «БСЗ»
Бухгалтерия ОАО		Compaq P-III	8	SAP R/3 MM (Material Management), FI (Financial Information)	SAP AG (Германия)
Коммерческий отдел ПО	Специалист по рекламациям	Compaq P-III	8	CIS Float, MsExcel, MsWord	Glaverbel (Бельгия), Microsoft (США)
	Специалист по планированию	Compaq P-III	8	CIS Float	Glaverbel (Бельгия)
	Руководитель отдела	Compaq P-III	8	CIS Float	Glaverbel (Бельгия)
Цех горячего стекла	Стекловар	Compaq P-II	24	APM стеклоvara	АСУТП ОАО «БСЗ»
	Оператор лера	Compaq P-II	24	APM оператора лера	АСУТП ОАО «БСЗ»
	Оператор флоат- ванны	Compaq P-III	24	APM оператора флоат- ванны	АСУТП ОАО «БСЗ»
	Оптимизатор резки	Compaq P-II	24	ПО оптимизации раскроя ленты	Grenzenbach (Германия)

Отдел	Должность	ПЭВМ	Загрузка, ч.	Основное ПО	Разработчик ПО
Цех холодного стекла	Контролер КИС	Compaq P-III	24	Reflection, Research Center-Glaser, GlavInfo	Glaverbel (Бельгия)
	Инженер по качеству ПО	Compaq P-III	8	CIS Float	Glaverbel (Бельгия)
	Инженер-технолог склада ГП	Compaq P-III	8	CIS Float	Glaverbel (Бельгия)
Экономический департамент	Главный экономист	Compaq P-III	8	CIS Float, SAP R/3	Glaverbel (Бельгия), SAP AG (Германия)
	Координатор системы качества	Compaq P-III	8	MsVisio 2000, MsExcel	Microsoft (США)
Отдел по персоналу и обучению	Руководитель отдела	Compaq P-III	8	MsOutlook	Microsoft (США)
Инженерная служба	Инженер-механик	Compaq P-III	8	ПО планирования работ, регистрации отказов оборудования, движения материалов и запчастей (MsExcel)	Glaverbel (Бельгия), Chech (Чехия), Microsoft (США)

Результаты обследования представляют тот информационный материал, на основе которого была построена функциональная модель существующей системы управления качеством ПО «*Полированное стекло*».

#### **4.1.2. Построение функциональной модели существующей системы управления качеством**

Следующим этапом было построение функциональной модели существующей системы (в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9000-96) системы управления качеством ПО «*Полированное стекло*» на основе того материала, который был собран в ходе первоначального обследования системы управления качеством (см. п. 4.1.1). В качестве нотации функционального моделирования была выбрана IDEF0 – в соответствии с рекомендациями Госстандарта РФ [32] и общемировой практикой.

Контекстная диаграмма (диаграмма гиперпроцесса) построенной функциональной модели существующей системы управления качеством ПО «Полированное стекло» приведена на Рис. 21 [64].

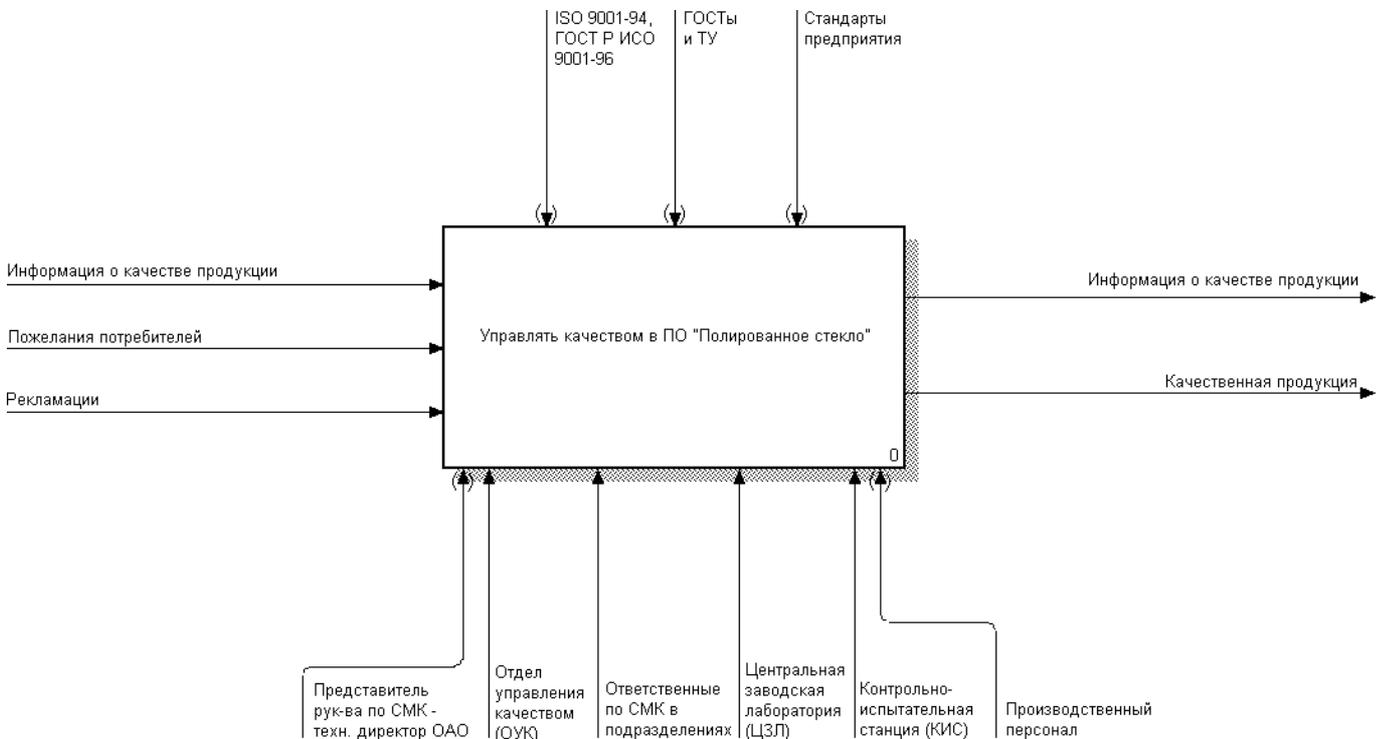


Рис. 21. Контекстная IDEF0-диаграмма существующей системы управления качеством

Декомпозиция гиперпроцесса существующей системы управления качеством ПО «Полированное стекло» приведена на Рис. 22 [64].

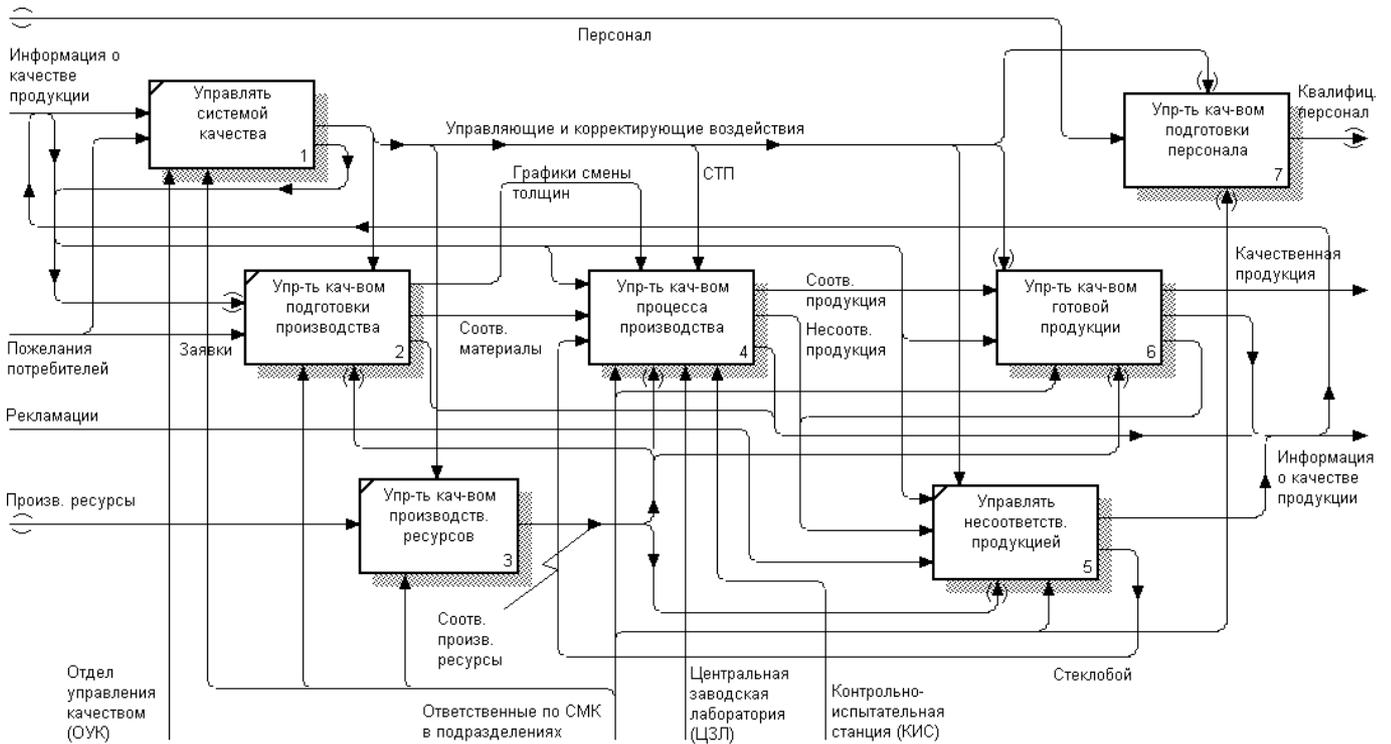


Рис. 22. Первая IDEF0-декомпозиция существующей системы управления качеством

Каждый из функциональных блоков, представленных на Рис. 22, был также декомпозирован. Полное дерево IDEF0-диаграмм представлено на Рис. 23 [64].



Рис. 23. Дерево IDEF0-диаграмм существующей системы управления качеством

Кроме самих функциональных диаграмм, к каждой из них были разработаны поясняющие глоссарии блоков и стрелок (пример такого

гlossария приведён в прил. А), а всё вместе составило полную функциональную модель существующей системы управления качеством ПО «Полированное стекло», работающей в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9000-96. Эта модель необходима для выработки рекомендаций по переходу системы управления качеством на новую версию стандартов ГОСТ Р ИСО 9000-2001.

В процессе разработки функциональная модель согласовывалась с представителями ПО «Полированное стекло» [64].

В разработанной функциональной модели, кроме всего прочего, были использованы элементы системы управления качеством цеха приготовления шихты [55, 86], входящего в состав ПО «Полированное стекло». Соответствующие функциональные диаграммы отражают цех приготовления шихты в контексте общезаводской системы управления качеством. Однако в [55, 86] автором было показано, что можно построить функциональную модель системы управления качеством цеха приготовления шихты как самостоятельной организации. Эти повышается конкурентноспособность предприятия-поставщика таких промышленных систем при соблюдении наметившейся тенденция к децентрализации организационного управления на крупных отечественных предприятиях с выделением их подразделений в отдельные формы собственности и выходом на рынок свободной конкуренции [55, 86].

#### **4.1.3. Анализ и выработка рекомендаций по переходу системы управления качеством на ISO 9000:2000**

Верхняя часть разработанной функциональной модели существующей системы управления качеством ПО «Полированное стекло» (контекстная диаграмма и её декомпозиция) была подвергнута автоматической планаризации и автоматизированному структурному анализу по алгоритму п. 3.2.2, в результате чего было выявлено следующее:

- **Матрица смежности** размером  $8 \times 8$  заполнена единицами ровно наполовину (на 50%).

- На основе построенной матрицы кратчайших путей получено значение общей структурной близости элементов модели между собой,  $Q = 48$ , которое с использованием значения минимальной структурной компактности (для аналогичного полного орграфа)  $Q_{\min} = 56$  позволило вычислить значение **относительной структурной компактности** модели  $Q_{\text{отн}} = -0,14$ , что само по себе некорректно, но в данном случае объясняется большим числом разрешённых туннелей на контекстной диаграмме (Рис. 21), которые никак не могли быть учтены при автоматической планаризации, кроме как проигнорированы; в данном случае следует рассматривать  $Q_{\text{отн}} \approx 0$ , что будет говорить о высокой компактности модели (её максимальной близости к структуре полного графа).

- Значение **диаметра структуры** модели (максимальное значение матрицы кратчайших путей)  $d = 2$ , что близко к минимальному значению ( $d_{\min} = 1$ ).

- **Матрица связности (достижимости)**, построенная на основе матрицы кратчайших путей, заполнена единицами на 62,5%, что объясняется игнорированием большого числа разрешённых туннелей на контекстной диаграмме (Рис. 21) в процессе автоматической планаризации.

- Значение **структурной избыточности**  $R = 1,3$  говорит о небольшой избыточности модели. Однако это вовсе не означает, что такая же избыточность будет свойственна полной IDEF0-модели – по аналогии с тем, как была обнаружена существенная разница между значением структурной избыточности  $R = 0,8$  (16), полученным для частичной IDEF0-модели в п. 3.1, и значением структурной избыточности  $R = 5,3$  для той же модели в её полном виде, полученным в п. 3.2.3.

- Значение **среднеквадратического отклонения действительных степеней вершин от среднего**  $\varepsilon = 4,6$  говорит о значительной неравномерности распределения связей, а визуальный контроль декомпозирующей IDEF0-диаграммы (Рис. 22) подтверждает это на примере

вершин №№ 3 и 7 с четырьмя инцидентными дугами и вершины № 4 с двенадцатью инцидентными дугами.

- **Структура (топология) модели** является смешанной и представляет собой комбинацию кольцевой и радиальной структур в стремлении к структуре полного графа, в контексте теории систем управления качеством известному как «звезда качества».

- Значение **индекса центральности**  $\delta = -0,39$  само по себе некорректно, по той же причине, что и разъяснённое выше значение  $Q_{отн}$ , поэтому следует рассматривать  $\delta \approx 0$ , что свидетельствует о высокой степени децентрализации структуры модели – это объясняется, прежде всего содержимым старой версии стандарта ISO 9001:1994, исключая жёсткую централизацию, например, в лице представителя высшего руководства или вообще выделенной ответственности руководства (как это сделано в новой версии стандарта ISO 9001:2000).

- **Матрица-вектор рангов** содержит 8 элементов, заполненных значениями от 0,188 (блоки A0.4 «Управлять качеством процесса производства», A0.5 «Управлять несоответствующей продукцией» и A0.6 «Управлять качеством готовой продукции») до 0 (блок A0.7 «Управлять качеством подготовки персонала») – соответственно, первые три блока являются наиболее значимыми, сильно связанными, а последний – не то чтобы вообще не связанным (на Рис. 22 видно, что из-за использования разрешённых туннелей связь эта была просто проигнорирована в процессе автоматической планаризации), но наименее значимым, слабо связанным.

Для облегчения перехода системы управления качеством ПО «Полированное стекло» от функционирования в соответствии со старой версией стандарта, ISO 9000:1994 (ГОСТ Р ИСО 9000-96), к функционированию в соответствии с новой версией, ISO 9000:2000 (ГОСТ Р ИСО 9000-2001), по результатам предыдущих этапов были выработаны соответствующие рекомендации.

В Табл. 10 представлены общие замечания по существующей системе управления качеством ПО «Полированное стекло», выработанные преимущественно на основе результатов первоначального обследования (см. п. 4.1.1).

Табл. 10

*Общие замечания по существующей системе управления качеством*

Подразделение	Должность	Проблемы и пожелания
Цех выработки шихты (№ 90)	Заместитель начальника цеха	Пожелание: видеть, кто в данной смене и на каких рабочих местах работает, поимённо.
	Экономист	В связи с ремонтом помещений не работает «APM экономиста», из-за чего многие данные приходится вводить вручную и рассчитывать в полуавтоматическом режиме (таблицы <i>MsExcel</i> ). Многие расчёты (планирование объёмов, себестоимость) приходится делать вручную и/или выполнять вместе (лично) с заведующим складом сырья. Имеет, по собственному мнению, слишком ограниченный доступ к системе <i>SAP R/3</i> .
	Начальник цеха	Основная проблема – взаимодействие с центральным материальным складом (ЦМС), на который приходится ездить самим, снимая для этого людей с производства, хотя именно склад отвечает за обеспечивающую деятельность.
Центральная заводская лаборатория (ЦЗЛ)	Начальник лаборатории	Необходима автоматизация расчёта рецепта шихты с учётом заданного состава стекла, а также автоматизация корректировки рецепта с учётом состава сырья и стекла. Кроме того, нет сетевой связи с цехом № 90 (разные системы: там – «APMы...» ленинградской разработки, тут – <i>Plant Information (PI)</i> от <i>OSI Software</i> ), поэтому рецепты шихты приходится передавать с курьером (!).
Отдел управления качеством (ОУК, подразделение ОАО)	Начальник отдела	Специалист по работе с претензиями находится в коммерческом отделе, так как почему-то считается, что там он ближе к потребителю, хотя это не очевидно. Возможно, имеет смысл передать его функции в отдел управления качеством.
Цех горячего стекла (ЦГС, часть цеха № 71)	Оператор лера	Информация о ширине ленты стекла поступает устно (по телефону) от оптимизатора резки, желательно бы сделать её регулярной и электронной; то же самое применительно к информации о метраже брака.

Подразделение	Должность	Проблемы и пожелания
	Оператор формования (оператор флоат-ванны)	Информация о ширине ленты стекла передаётся от оптимизатора резки устно и нерегулярно.
Контрольно-испытательная станция (КИС, часть цеха № 71)	Лаборант	Ничуть не автоматизированное заполнение данных. Недостаток АРМов (особенно ощущаться, если ничего не изменится при вводе в эксплуатацию ещё одной технологической линии). Медленная работа программного обеспечения лазерного дефектоскопа <i>Glaser</i> .
Коммерческий отдел	Специалист по планированию off-line	<u>Надо</u> : получать информацию о простоях оборудования (время, причина), отчёты по сменам. Несовершенен учёт по возвращаемой таре (пирамидам): запрос на склад ⇒ ручной подсчёт (нет автоматизации).
	И.о. руководителя индустриального бюро	<u>Надо</u> : более точные даты вывоза стекла (дата начала и дата окончания отгрузки, отгрузка в сутки); заявки разной длительности: двухдневная, недельная и т. п.; учёт межоперационных остатков; более динамичное планирование на складе.
Группа качества цеха № 71	Инженер по качеству	Поддержка обработки претензий есть в программе <i>CIS Float</i> , но это используется не полностью.
Склад готовой продукции	Инженер-технолог	Имеет место нехватка <u>квалифицированного</u> персонала. Обучение персонала на территории склада было запрещено ввиду отсутствия полигона, с обучением на чужом полигоне пока подвижек нет. Приёмосдатчики на входе склада пропускают плохо упакованные блоки, так как если их не пропускать, то слишком много (почти все?) блоки надо будет возвращать на переупаковку. <u>Надо</u> : уведомление об изменении упаковки (чтобы использовать соответствующие инструменты и механизмы).
Отдел по персоналу и обучению	Начальник отдела	Нехватка преподавателей для собственного обучения персонала, отсутствие разрешения Ростехнадзора на обучение. <u>Надо</u> : доступ к кадровой базе данных (есть в отделе кадров ОАО), в том числе перенос функций по приёму и увольнению из отдела кадров ОАО в отдел по персоналу ПО (иначе многие бланки приходится заполнять вручную и постоянно гонять курьеров для обмена информацией с отделом кадров ОАО, например, имеет место заём номеров приказов) – «текучка» должна выполняться на месте (в отделе по персоналу ПО), а отдел кадров ОАО всё равно получает все отчёты.
	Координатор системы качества	<u>Надо</u> : постоянный доступ в Интернет; получать информацию от отдела управления качеством по

Подразделение	Должность	Проблемы и пожелания
		заключённым договорам аудита; более подробная проверка, в том числе верхних руководителей.
Инженерная служба	Инженер-механик ЦХС	Технологи производства иногда для решения проблем выходят на более высокий уровень субординации, чем следовало бы; многие вопросы инженерная служба может решить сама, была бы только соответствующая информация от технологов.

### Отличие ISO 9001:2000 от ISO 9001:1994

В основе обоих стандартов лежат различные модели управления качеством. Стандарт ISO 9001:1994 определяет требования к 20 ключевым параметрам, которые организация должна соблюдать для предоставления качественных товаров и услуг своим клиентам.

Главная цель – гарантировать покупателю, что сертифицированная организация выпускает изделия ожидаемого уровня качества. Соблюдать требования стандарта ISO 9001:1994 просто: документировать всё, что делается; делать то, что указано в документах, и быть готовыми это доказать.

Модель управления качеством в ISO 9001:2000 совершенно иная. В основе лежат не 20 ключевых элементов, а процессная модель. При этом никакой ориентации на конкретный тип производителей нет. Процессная модель управления качеством, в соответствии с новым стандартом ISO 9001, состоит из четырёх разделов:

- 1) административная ответственность;
- 2) управление ресурсами;
- 3) производство продукции и/или услуг;
- 4) измерение, анализ, улучшение.

Остальные разделы ISO 9001 носят вспомогательный характер. Разделы с номерами с 0 до 3 обосновывают исходные предпосылки возникновения новой модели, раздел 4 «Система управления качеством» представляет собой введение в саму модель процесса управления

качеством, содержащее обязательства организации по созданию документальной системы управления качеством.

Все требования к модели процесса, изложенные в четырёх разделах нового стандарта, даны в более общей и менее предписывающей терминологии, чем в предыдущей 20-элементной модели. Меньшая степень конкретизации упрощает следование стандарту предприятиям любых видов деятельности. С другой стороны, несмотря на то, что новая модель проще и демократичнее, ее требования представляют собой качественный скачок вперёд, соответствующий новым прогрессивным тенденциям в области управления качеством.

### **Соответствие существующей системы управления качеством ПО «Полированное стекло» международному стандарту ISO 9001:2000**

Соответствие стандарту проведено посредством сопоставления разработанной функциональной модели существующей системы управления качеством ПО «Полированное стекло» (см. п. 4.1.2) и требований новой версии стандарта ISO 9000:2000 (ГОСТ Р ИСО 9000-2001).

Пункты 1-3 стандарта являются общими и обоснуют возникновение новой модели, поэтому рассмотрение соответствия системы управления качеством начинается с п. 4 «Система управления качеством».

#### 4. Система управления качеством

##### 4.1. Общие положения

Существующая система управления качеством ПО «Полированное стекло» соответствует п. 4.1, так как она разработана, документально оформлена, внедрена, поддерживается в рабочем состоянии и непрерывно улучшается.

##### 4.2. Требования к документации

###### 4.2.1. Общие положения

Существующая система управления качеством ПО «Полированное стекло» соответствует п. 4.2.1, так как её документация включает:

- документированные заявления о политике качества;

- руководство по качеству;
- документированные процедуры.

#### 4.2.2. Руководство по качеству

Существующая система управления качеством ПО «*Полированное стекло*» соответствует п. 4.2.2, так как в ПО разработано и поддерживается в рабочем состоянии руководство по качеству [59], которое включает в себя планы в области качества и документированные процедуры.

#### 4.2.3. Управление документацией

Существующая система управления качеством ПО «*Полированное стекло*» соответствует п. 4.2.3, так как разработанная в ПО документация находится под управлением:

- анализируется существующая документация;
- обновляется, переутверждается;
- отслеживаются версии документов;
- предотвращается использование несоответствующей, устаревшей документации;
- подразделения обеспечиваются актуальной документацией.

#### 4.2.4. Управление записями

Для доказательства соответствия требованиям к результативности функционирования системы управления качеством в ПО «*Полированное стекло*» ведутся журналы, протоколы, акты. Осуществляется управление регистрацией данных о качестве – в соответствии с п. 4.16 руководства по качеству [59].

### 5. Ответственность руководства

Данный пункт стандарта ISO 9001:2000 при анализе существующей системы управления качеством детально не рассматривался, но он определён в руководстве по качеству ПО «*Полированное стекло*» [59].

## 6. Управление ресурсами

### 6.1. Общие положения

ПО «*Полированное стекло*» обеспечено всеми необходимыми ресурсами для внедрения, поддержки в рабочем состоянии и непрерывного улучшения системы управления качеством.

### 6.2. Людские ресурсы

В ПО «*Полированное стекло*» работает компетентный персонал, определена и документирована процедура, устанавливающая требования к персоналу, оценивающая результаты его деятельности и предоставляющая возможность повышать уровень подготовки персонала.

### 6.3. Инфраструктура

Существующая система управления качеством ПО «*Полированное стекло*» соответствует пункту 6.3, так как в ПО обеспечена и поддерживается в рабочем состоянии инфраструктура, необходимая для достижения качества продукции.

### 6.4. Среда

В ПО «*Полированное стекло*» обеспечена и поддерживается в рабочем состоянии среда, необходимая для достижения качества продукции.

## 7. Выпуск продукции

### 7.1. Планирование выпуска продукции

В ПО «*Полированное стекло*» обеспечивается планирование производства, необходимое для достижения качества продукции.

### 7.2. Процессы, связанные с потребителем

В ПО «*Полированное стекло*» обеспечивается планирование, разработаны и поддерживаются в рабочем состоянии процедуры, обеспечивающие определение и анализ требований к продукции со стороны потребителей, связь с потребителем.

### 7.3. Проектирование и разработка

В ПО «*Полированное стекло*» разработана, утверждена и поддерживается в рабочем состоянии система управления качеством, в

которой документировано управление проектированием и его проверки с целью обеспечения выполнения задания на проектирование.

#### 7.4. Закупки

В ПО «*Полированное стекло*» закупаемые сырье и материалы запускаются в производство после того, как они подвергнутся входному контролю и испытаниям. Объем контроля и методики его проведения представлены документированной процедурой. Введена оценка поставщиков – на основе их способности выполнять требования, включая требования к системе управления качеством и конкретные требования к обеспечению качества.

#### 7.5. Производство

В ПО «*Полированное стекло*» утверждены технологические процессы производства полированного стекла на выбранном технологическом оборудовании, контроль и управление соответствующими параметрами процесса на всех этапах производства, способы контроля, испытаний и сохранения продукции.

Примечание. В существующей системе управления качеством ПО «*Полированное стекло*» не рассмотрены вопросы обеспечения сохранности собственности потребителя, в частности, проявление заботы об интеллектуальной собственности.

#### 7.6. Управление контрольными и измерительными приборами

В ПО «*Полированное стекло*» разработаны и поддерживаются в рабочем состоянии документированные процедуры управления контрольным, измерительным и испытательным оборудованием.

Примечание. При мониторинге и измерениях в производстве листового стекла широко используются автоматизированные системы управления и программное обеспечение. В руководстве по качеству [59] отсутствует требование подтверждать их соответствие предполагаемому применению.

## 8. Измерение, анализ и улучшение

### 8.1. Общие положения

В ПО «*Полированное стекло*» осуществляется планирование и проведение мониторинга продукции, системы управления качеством для непрерывного улучшения системы управления качеством.

### 8.2. Мониторинг и измерение

#### 8.2.1. Удовлетворенность потребителей

В ПО «*Полированное стекло*» осуществляется обратная связь с потребителями выпускаемой продукции для получения данных и анализа соответствия продукции требованиям потребителей. Также проводится анализ рекламаций, поступающих от потребителей.

Примечание.: В руководстве по качеству [59] не отражен процесс анализа удовлетворённости потребителя, не определены методы получения и использования этой информации.

#### 8.2.2. Внутренние аудиты

В ПО «*Полированное стекло*» периодически проводятся внутренние проверки для выявления соответствий системы управления качеством, вырабатываются корректирующие воздействия и анализ полученных данных.

#### 8.2.3. Мониторинг и измерение процессов

В ПО «*Полированное стекло*» разрабатываются статистические методы мониторинга процессов системы управления качеством.

### 8.3. Управление несоответствующей продукцией

В ПО «*Полированное стекло*» разработана документированная процедура, определяющая управление несоответствующей продукцией: выявление несоответствий при контроле, регистрацию несоответствий, уведомление соответствующих подразделений, отделение и изоляцию, принятие корректирующих действий.

### 8.4. Анализ данных

В ПО «*Полированное стекло*» проводится регистрация данных о качестве для подтверждения соответствия установленным требованиям к

системе управления качеством и предоставления доказательств и информации об эффективности функционирования системы управления качеством; проводится анализ отчётов об оценке качества, результатов контроля и испытаний, результатов определения степени надёжности поставщиков, актов внутренних проверок качества, отчётов о проведении корректирующих и предупреждающих мероприятий, результатов инспекционных проверок.

### 8.5. Улучшение

#### 8.5.1. Непрерывное улучшение

В ПО «*Полированное стекло*» осуществляется непрерывное улучшение системы управления качеством посредством использования политики в области качества, результатов проведения проверок, корректирующих и предупреждающих действий.

#### 8.5.2. Корректирующие действия

В ПО «*Полированное стекло*» осуществляются действия по выявлению и устранению несоответствий и вырабатываются корректирующие воздействия. Разработана документированная процедура для идентификации несоответствия, исследования причин его появления и определения корректирующего воздействия для его устранения.

#### 8.5.3. Предупреждающие действия

В ПО «*Полированное стекло*» осуществляются действия по устранению причин потенциальных несоответствий и вырабатываются предупреждающие воздействия. Разработана документированная процедура, определяющая использование источников информации с целью обнаружения, анализа и устранения потенциальных причин, которые воздействуют на качество продукции, и выработку предупреждающего воздействия для устранения причин.

Примечание. Предупреждающие действия описаны в руководстве по качеству [59], но не отражены в разработанной функциональной модели системы управления качеством ПО «*Полированное стекло*».

## 4.2. Построение полной модели будущей<sup>2</sup> ИСУ

Так как высшим руководством ПО «Полированное стекло» было принято решение после сертификации системы управления качеством на новую версию стандарта ISO 9001:2000 держать курс на развитие и сертификацию ИСУ, включающую в себя не только систему управления качеством, но также систему управления экологической безопасностью и систему управления профессиональной безопасностью и охраной труда (Рис. 1), то следующим этапом разработки стало построение модели будущей ИСУ в соответствии с Рис. 5 и п. ГЛАВА 2.

Однако предварительно, для общего понимания концепции ИСУ, была построена графическая концептуальная модель ИСУ (вне каких-либо фиксированных нотаций, условно – см. Рис. 24 [1]), основанная на модели системы управления качеством, приведённой в виде рис. 1 в [31].

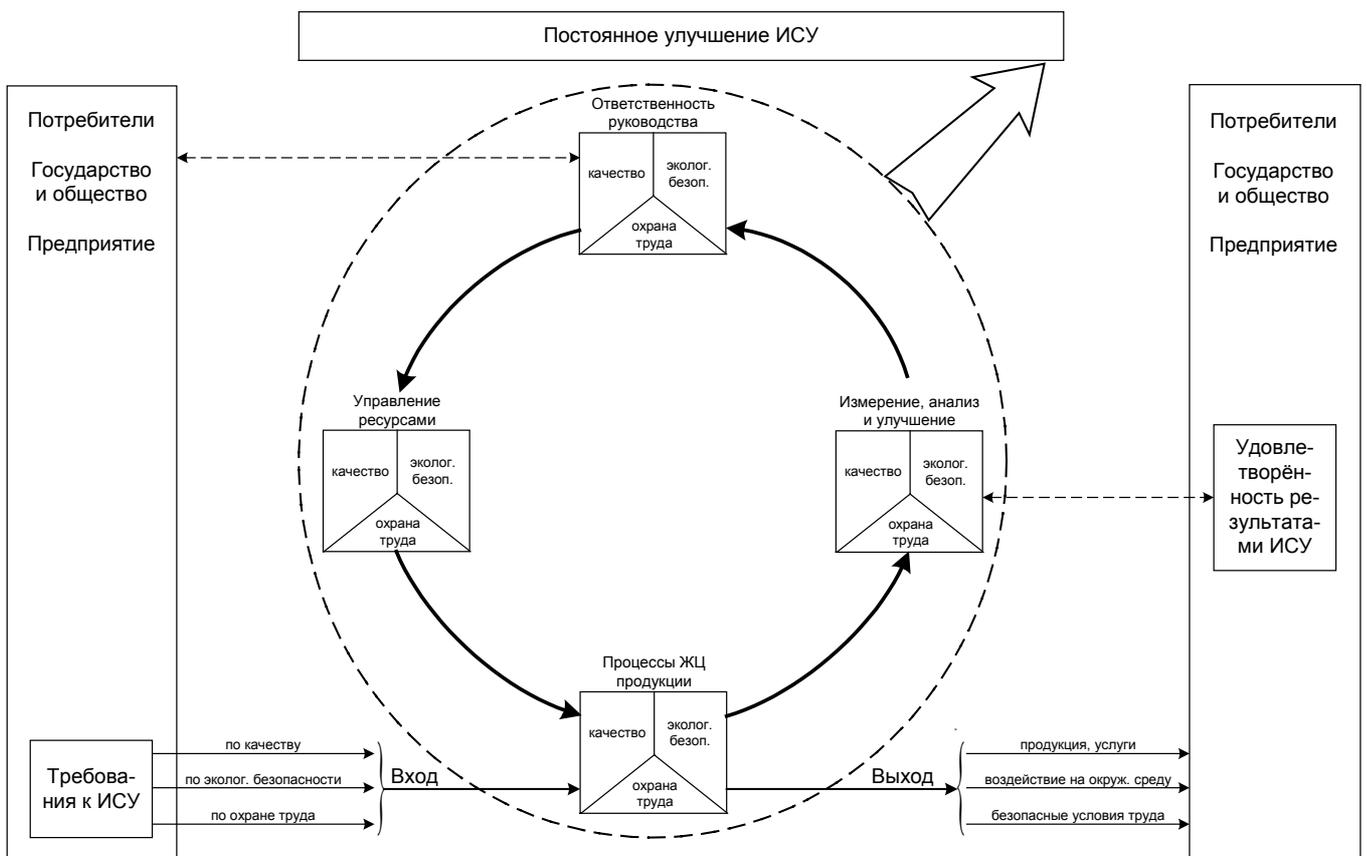


Рис. 24. Концептуальная модель будущей ИСУ

<sup>2</sup> Здесь и далее термин «будущая» (to be) подразумевает будущее относительно того этапа внедрения.

Концептуальная модель отражает, прежде всего, то, что ИСУ состоит из трёх подсистем: управления качеством, экологической безопасностью, профессиональной безопасностью и охраной труда и в своём стремлении соответствовать требованиям потребителей по качеству, государства и общества – по экологической безопасности, а также требованиям самого предприятия, где внедряется ИСУ, по профессиональной безопасности и охране труда, ИСУ приводит к возникновению удовлетворённости от результатов функционирования ИСУ у потребителей и других упомянутых сторон.

#### **4.2.1. Организационная структура будущей ИСУ**

Так как стандарты систем управления, на основе которых строится ИСУ, не требуют создания новых элементов организационной структуры для своего функционирования, а наоборот, требуют использования уже существующих элементов с назначением дополнительной ответственности за функционирование отдельных частей ИСУ, то и изменения в организационной структуре ПО «*Полированное стекло*» не проводились, а только определялась ответственность за процессы подсистем управления качеством, экологической безопасностью, профессиональной безопасностью и охраной труда и взаимодействие между существующими элементами организационной структуры в соответствующих областях (см. Рис. 6).

Основными элементами организационной структуры ПО «*Полированное стекло*» в процессе внедрения ИСУ стали:

- отдел управления качеством – для подсистемы управления качеством;
- бюро охраны окружающей среды из отдела промышленной безопасности – для подсистемы управления экологической безопасностью;
- бюро охраны труда – для подсистемы управления профессиональной безопасностью и охраной труда.

#### 4.2.2. Построение функциональной модели будущей ИСУ

Функциональная модель (в нотации IDEF0) будущей ИСУ строилась в строгом соответствии одновременно со следующими стандартами:

- новой версией стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2001 [31], определяющего требования к системе управления качеством;
- последней (на тот момент) версией стандарта ГОСТ Р ИСО 14001-98 [34], определяющего требования к системе управления экологической безопасностью;
- стандартом ГОСТ 12.0.006-2002 [43] – отечественным аналогом международного стандарта OHSAS 18001:1999 [85], определяющего требования к системе управления профессиональной безопасностью и охраной труда.

Контекстная диаграмма построенной функциональной модели будущей ИСУ ПО «Полированное стекло» приведена на Рис. 25.

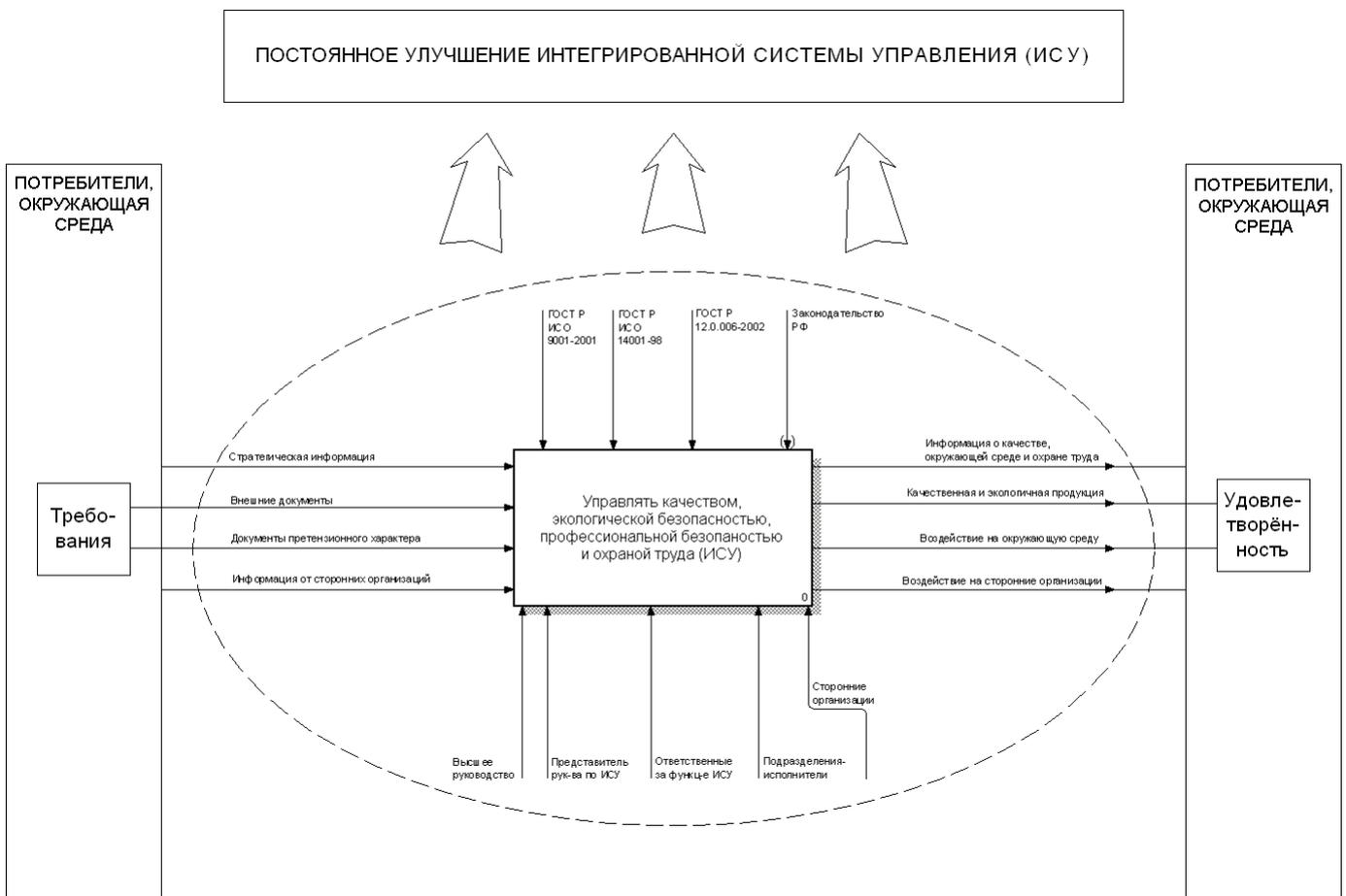


Рис. 25. Контекстная IDEF0-диаграмма будущей ИСУ

На Рис. 25 отражён не только основной процесс (гиперпроцесс) будущей ИСУ, его входы, выходы, ограничения и механизмы, но и его взаимосвязь с потребителями и окружающей средой, а также обязательство постоянного улучшения – как это определяется в стандартах систем управления, прежде всего в ГОСТ Р ИСО 9001-2001 [31].

Декомпозицию гиперпроцесса будущей ИСУ ПО «Полированное стекло» можно осуществить несколькими способами, однако в результате сравнительного анализа по методике п. ГЛАВА 2 предпочтение было отдано варианту интеграции на основе ISO 9001. Полученная декомпозиция приведена на Рис. 26.

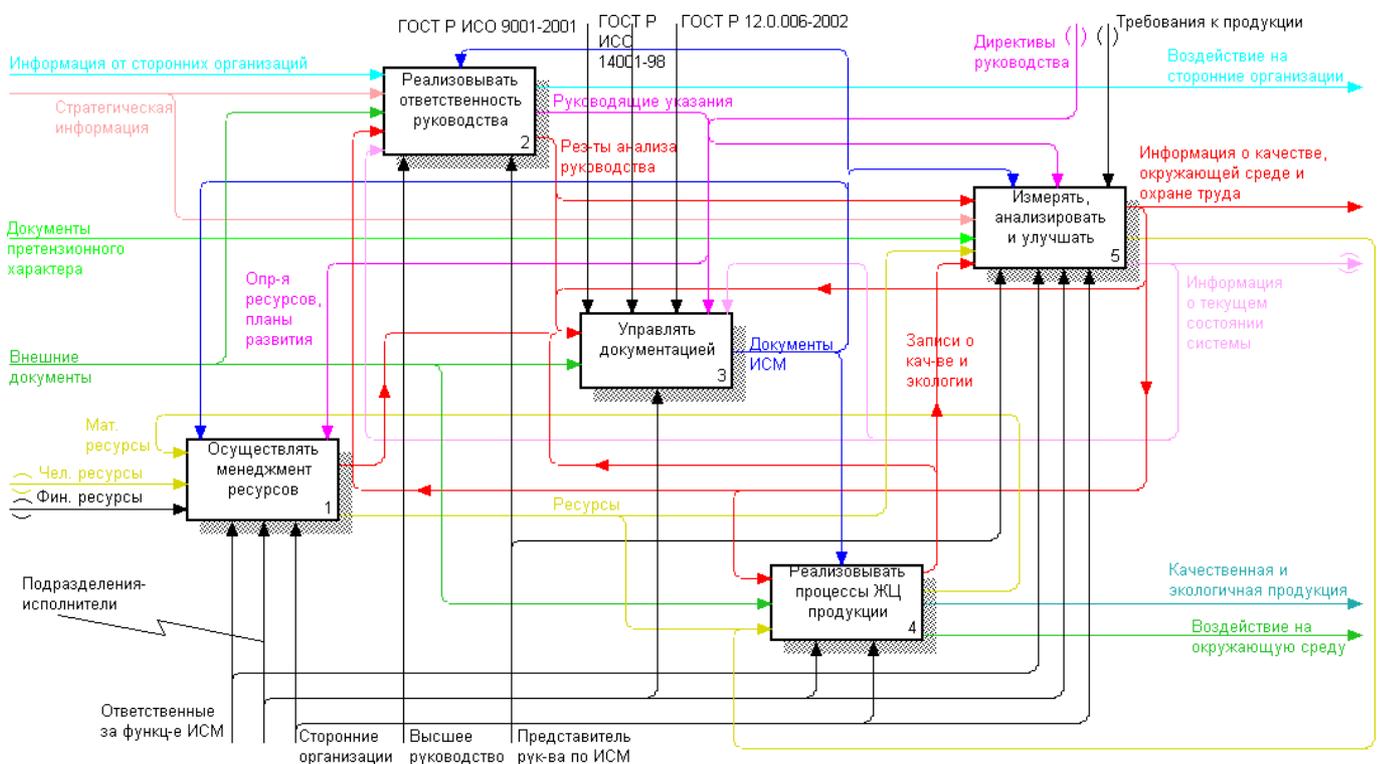


Рис. 26. Первая IDEF0-декомпозиция будущей ИСУ

Каждый из функциональных блоков, представленных на Рис. 26, был также декомпозирован. Полное дерево IDEF0-диаграмм представлено на Рис. 27.

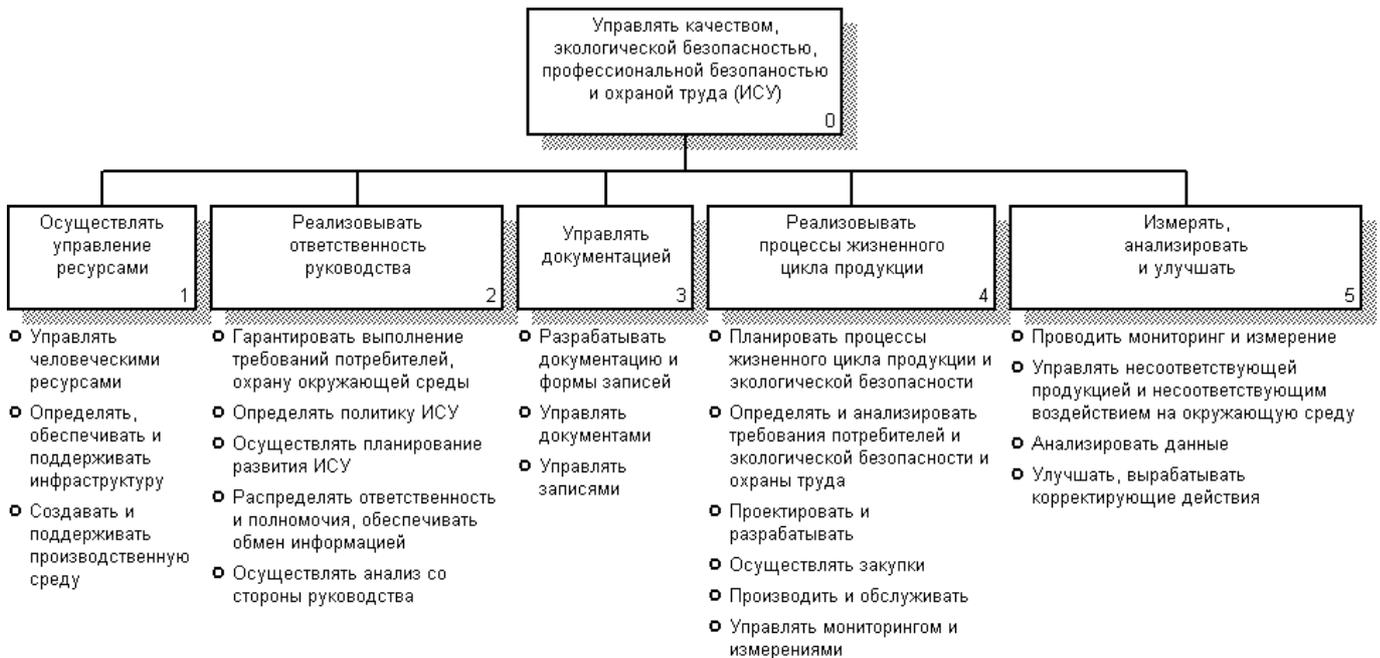


Рис. 27. Дерево IDEF0-диаграмм будущей ИСУ

Кроме функциональных диаграмм, к каждой из них были разработаны поясняющие глоссарии блоков и стрелок (пример такого глоссария приведён в прил. А), а всё вместе составило полную функциональную модель будущей ИСУ ПО «*Полированное стекло*», соответствующей одновременно ГОСТ Р ИСО 9001-2001 [31], ГОСТ Р ИСО 14001-98 [34] и ГОСТ 12.0.006-2002 [43]. Модель была использована при создании ИСУ в ПО «*Полированное стекло*» и её последующей сертификации.

В процессе разработки функциональная модель согласовывалась с руководящими работниками ПО «*Полированное стекло*» с тем, чтобы создаваемая ИСУ максимально использовала существующие процессы, прежде всего существующую систему управления качеством (см. п. 4.1.3).

#### 4.2.3. Построение модели потоков данных будущей ИСУ

Модель потоков данных (в нотации DFD) будущей ИСУ строилась в строгом соответствии одновременно с теми же тремя стандартами, что и функциональная модель (см. п. 4.2.2).

Контекстная диаграмма (диаграмма гиперпроцесса) построенной модели потоков данных будущей ИСУ ПО «*Полированное стекло*» приведена на Рис. 28.



Каждый из процессов, представленных на Рис. 29, был также декомпозирован. Полное дерево DFD-диаграмм представлено на Рис. 30.



Рис. 30. Дерево DFD-диаграмм будущей ИСУ

Рис. 30 визуально похож на Рис. 27 потому как для разработки обеих моделей использовался один и тот же эталонный набор процессов, в первом случае декомпозированный с точки зрения функций, а во втором – с точки зрения данных.

Кроме диаграмм потоков данных, к каждой из них были разработаны поясняющие миниспецификации (пример такой миниспецификации приведён в прил. В). Дополнительно была разработана иерархия хранилищ данных, не являющаяся элементом DFD-методологии, но наглядно определяющая разделение и объединение потоков данных.

В совокупности была получена полная модель потоков данных будущей ИСУ ПО «*Полированное стекло*», соответствующей одновременно ГОСТ Р ИСО 9001-2001 [31], ГОСТ Р ИСО 14001-98 [34] и ГОСТ 12.0.006-2002 [43]. Модель была использована при создании ИСУ в ПО «*Полированное стекло*» и её последующей сертификации.

В процессе разработки модель потоков данных согласовывалась с руководящими работниками ПО «*Полированное стекло*».

### 4.3. Результаты сертификации подсистем ИСУ

Так как не существует единого стандарта на ИСУ, а лишь стандарты на её подсистемы управления качеством, экологической безопасностью, профессиональной безопасностью и охраной труда, то и сертификация ИСУ проходит по отдельным подсистемам. Кроме того, некоторые особенности структуры подразделений ОАО «Борский стекольный завод», в том числе ПО «Полированное стекло», и их производственных взаимоотношений (речь идёт, прежде всего, о децентрализации управления и выделении внутри предприятия юридически самостоятельных организаций, выступающих друг для друга подрядчиками и заказчиками услуг и продукции) также влияют на состав и порядок сертификации. Табл. 11 содержит все основные даты сертификации подсистем ИСУ.

Табл. 11

*Даты сертификации подсистем ИСУ*

Мероприятия по сертификации подразделений ОАО «Борский стекольный завод»	Сист. управл. кач-вом		Сист. упр. эколог. безоп.		СупрПБиОТ
	ISO 9001:1994	ISO 9001:2000	ISO 14001:1996	ISO 14001:2004	OHSAS 18001:1999
Сертификация систем ПО «Полированное стекло»	07.2001	11.2003	11.2003	02.2006	05.2005
Сертификация систем вместе с 15 организациями-поставщиками	–	–	11.2005	02.2006	05.2005

Таким образом, на начало 2007 года ПО «Полированное стекло» имеет все сертификаты (Рис. 31), подтверждающие наличие и эффективное функционирование у него подсистем управления качеством, экологической безопасностью, профессиональной безопасностью и охраной труда, образующих ИСУ.



Рис. 31. Сертификаты ИСУ ПО «Полированное стекло»

Наличие этих сертификатов обеспечивает ПО «Полированное стекло» конкурентное преимущество и выход на международный рынок, но и обязывает постоянно совершенствовать сертифицированные системы управления, обеспечивая повышение качества продукции, гарантию экологической чистоты и безопасности производства, а также профессиональной безопасности работников и охраны их труда.

#### 4.4. Оценка эффективности функционирования подсистем ИСУ

Все три стандарта на системы управления (ISO 9001, ISO 14001 и OHSAS 18001), на основе которых создавалась ИСУ, требуют постоянного улучшения процессов соответствующих подсистем, поэтому задача оценки эффективности функционирования ИСУ становится очень важной [66]. Однако решение этой задачи является нетривиальным. Это обусловлено как

масштабами системы (ИСУ появляется на преимущественно крупных предприятиях и охватывает практически всё минимум по трём аспектам), так и разной степенью влияния её подсистем на конечный продукт и финансовый результат (система управления качеством в значительно большей степени может рассматриваться как экономическая система, а системы управления экологической безопасностью, профессиональной безопасностью и охраной труда – в меньшей). Последнее ограничивает применимость некоторых традиционных методов оценки эффективности [67] – это показано в Табл. 12.

Табл. 12

*Применимость методов оценки эффективности к подсистемам ИСУ*

<b>Методы</b>	<b>Система управления качеством</b>	<b>Системы управления экологической безопасностью, профессиональной безопасностью и охраной труда</b>
<p><u>Затратные методы</u> оценивают работу системы не на основе измерения результатов, а на основе затраченных ресурсов. При явных недостатках такого подхода он применяется для грубых и/или трудоёмких подсчётов. К таким методам также можно отнести и метод пороговых значений применимости разнородных систем, который отвергает возможность количественного измерения результата их деятельности, предлагая оценивать системы по соотношению затрат на внедрение и сопровождение системы с размерами предприятий и направлениями бизнеса.</p>	<p>Могут быть использованы при условии организации учёта, анализа и планирования затрат на обеспечение качества. Недостатком может оказаться то, что при возможной незначительности результата такого учёта объём работ по сбору и обработке информации возрастает существенно.</p>	<p>Использование крайне затруднено в силу отсутствия у обеих систем управления показателей, способных напрямую повлиять на выпускаемую продукцию (объём производства, ассортимент и т. д.), а следовательно, затраты на эти системы управления нельзя будет адекватно оценить.</p>
<p><u>Методы оценки прямого результата</u> оценивают прямой, измеримый результат, следующий</p>	<p>Могут ограничено применяться, так как система управления качеством может и не иметь</p>	<p>Использование крайне затруднено в силу отсутствия у обеих систем управления</p>

<b>Методы</b>	<b>Система управления качеством</b>	<b>Системы управления экологической безопасностью, профессиональной безопасностью и охраной труда</b>
<p>из реализации проекта. Например, повышение коэффициента выхода или появление побочного продукта основного производства. Результат оценивается по текущим рыночным ценам, и если его недостаточно для обоснования прямых инвестиций, добавляется один или несколько дополнительных результатов.</p>	<p>прямого влияния на результат, точнее, не всегда можно сказать, что улучшение результата является следствием эффективного функционирования (одной только) системы управления качеством.</p>	<p>показателей, способных напрямую повлиять на выпускаемую продукцию (объем производства, ассортимент и т. д.), а следовательно, оцениваемый результат не является прямым следствием функционирования обеих систем управления.</p>
<p><u>Методы оценки идеальности бизнес-процесса</u> особенно часто используют консультанты, специализирующиеся на какой-либо отрасли. В сравнительных алгоритмах таких методов, как правило, базовым показателем выбирается объем реализации основной продукции оцениваемого (улучшаемого) бизнес-процесса. Тогда «идеальным» считается бизнес-процесс с лучшими для отрасли показателями затрат на единицу выхода.</p>	<p>Благодаря большому количеству предприятий, имеющих сертифицированные системы управления качеством, в том числе в области стекольного производства, использование данных методов возможно, но требует взаимодействия предприятий одной отрасли и их готовность делиться фактическими значениями показателей.</p>	<p>Вследствие того, что число предприятий (в том числе в области стекольного производства), обладающих сертифицированными системами управления экологической безопасностью и, тем более, системами управления профессиональной безопасностью и охраной труда, значительно меньше, а также вследствие их конкурентных отношений, использование данных методов затруднено.</p>
<p><u>Методы комплексной оценки качества бизнеса</u> комплексно рассматривают понятие качества продукции как соответствие стандартам и технологическим требованиям, как основную характеристику продукта и как набор его потребительских свойств. При этом на первый план выходят стратегические задачи создания и воплощения политики качества. Для измерения и обработки полученных оценок</p>	<p>Наиболее тонко позволяют подойти к задаче оценки эффективности системы управления качеством, исходя из комплекса критериев ориентированных на её специфику (в данном случае – специфику стекольного производства), её внутренних бизнес-процессов.</p>	<p>Применимы даже к таким системам управления, вклад результатов функционирования которых в конечную продукцию нельзя однозначно определить; – просто для таких систем определяются свои ключевые показатели, достижений которых и рассматривается как критерии эффективности.</p>

Методы	Система управления качеством	Системы управления экологической безопасностью, профессиональной безопасностью и охраной труда
используется весь аппарат теории измерений: статистические, экспертные и социологические методы.		

Общий вывод, который можно сделать по Табл. 12, звучит следующим образом: методы комплексной оценки качества бизнеса [68] подходят для решения задачи оценки эффективности функционирования всех трёх подсистем ИСУ наилучшим образом, так как они одинаково хорошо применимы ко всем трём подсистемам. Именно эти методы следует выбрать в качестве основы для разработки методики оценки эффективности функционирования подсистем ИСУ ПО «*Полированное стекло*».

В настоящее время широко распространены следующие методы комплексной оценки качества бизнеса:

- ключевые показатели эффективности (Key Performance Indicators, KPI [69]),
- система сбалансированных показателей (Balanced Scorecard, BSC [70]).

Однако эти методы являются не конкурирующими, а взаимодополняющими [60], а именно при формировании перечня ключевых показателей эффективности (KPI) и их критериальных значений приходится учитывать их взаимосвязь (в противном случае могут получиться взаимоисключающие критериальные значения) – следовательно, система показателей и их критериальные значения должны быть сбалансированы (BSC).

Пример создания методики оценки эффективности системы управления профессиональной безопасностью и охраной труда на основе KPI/BSC был приведён автором в [54]. В рамках НИР, выполнявшейся для ПО «*Полированное стекло*» (ОАО «*Борский стекольный завод*»), были

разработаны аналогичные методики для оценки эффективности системы управления качеством и системы управления экологической безопасностью. В этих методиках использован общий подход к построению систем сбалансированных показателей эффективности:

1. Определение генеральной цели ПО «*Полированное стекло*» в соответствующей области (качества, экологической безопасности, профессиональной безопасности и охраны труда).
2. Осуществление многоуровневой декомпозиции генеральной цели до целей структурных подразделений ПО.
3. Выбор ключевых показателей эффективности для каждой из целей.
4. Определение критериальных (номинальных) значений ключевых показателей с учётом их взаимосвязей.
5. Осуществление балансировки критериальных значений показателей, в результате чего получается система сбалансированных показателей.
6. Установка зон ответственности управленцев (каждому – свою цель).
7. Установка процедуры контроля достижения целей и, при необходимости, процедуры корректировки целей и критериальных значений.
8. Формирование системы мотивирования сотрудников на достижение целей.

В [71] приведен структуризация целей ИСУ стекольного завода, где на втором уровне находится «декомпозиция по видам конечного продукта: повышение качества продукции и сервиса, повышение экологичности производства, снижение травматизма и улучшение условий и безопасности труда», то есть декомпозиция по целям подсистем ИСУ.

В ежегодных внутренних отчётах о функционировании ИСУ (системы управления качеством, экологической безопасностью, профессиональной безопасностью и охраной труда) [74, 75], которые готовятся отделом управления качеством, отделом промышленной безопасности (бюро охраны окружающей среды) и бюро охраны труда для высшего руководства, фиксируются следующие основные показатели (Табл. 13):

## Показатели эффективности функционирования ИСУ за 2003-05 гг.

Подсистема (область)	Цель (показатель)	Выполнение (фактическое значение)		
		2003	2004	2005
Качество	Обеспечить стратегическое преимущество на рынке стекла (доля рынка продаж в %) над конкурентами – производителями стекла в России.	29%	35%	34%
	<u>2004</u> : не допускать снижения уровня удовлетворённости потребителей (по 5-балльной шкале). <u>2005</u> : повысить уровень удовлетворённости на 5%.	4,04	4,44	4,67
	Повысить уровень удовлетворённости внутренних потребителей на 5%.	?	3,27	3,46
	Профессионально и результативно управлять процессами системы управления качеством.	4 не-рез.	Из 63 процессов нерезультативными признаны только 3.	?
	Расширить ассортимент продукции и услуг для наиболее полного удовлетворения потребностей рынка стекла.	?	?	Освоен выпуск зелёного стекла для пром. переработки FGN-0.
	Проводить работу с поставщиками продукции и услуг по увеличению кол-ва организаций, сертифицировавшихся по ISO 9001.	?	?	Сертифицированы ООО «КИП-Сервис», ООО «Дружковское рудоуправление», ООО «Капитал-Магnezит».
	Экологическая безопасность	Минимизировать вредное воздействие результатов деятельности на окружающую среду, не допускать превышения выплат за её загрязнение.	100%	Снижение уровня платежей на 15,8% («новые» 100%).

Подсистема (область)	Цель (показатель)	Выполнение (фактическое значение)		
		2003	2004	2005
	<u>2004</u> : увеличить долю отходов, направляемых на вторичную переработку, на 10%. <u>2005</u> : увеличить на 1%.	100%	Доля отходов, направленных на ВМР <sup>3</sup> , увеличена на 34% («новые» 100%).	Увеличена на 1%.
	Результативно вести процессы управления экологическими аспектами на всех участках производства.	?	Из 15 процессов нерезультативным признан только 1.	?
	Не допускать и предотвращать возможность возникновения аварийных ситуаций, которые могут привести к загрязнению окружающей среды.	?	Аварийных ситуаций не допущено.	Готовность к аварийным ситуациям (например, к пожарам) обеспечена не в полной мере – не проводятся тренировки по их ликвидации.
	Провести полную инвентаризацию источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу с учётом ввода новых вентиляционных установок.	?	?	Выполнено частично – том ПДВ на согласовании в территориальном управлении Роспотребнадзора.
	Провести работу по вовлечению в систему управления экологической безопасностью организаций, оказывающие услуги на долговременной основе.	?	?	15 организаций, оказывающих услуги, включены в область сертификации.
Проф. безопасность и охрана труда	<u>2004</u> : достичь уровня безопасности (коэффициент риска) по всем подразделениям не более 3. <u>2005</u> : не более 2.	1,91	1,41	0,21
	Снизить уровень профзаболеваний на 2% путём снижения доли ручного труда и улучшения медицинского обслуживания персонала.	6	6	?

<sup>3</sup> ВМР – вторичные материальные ресурсы.

Подсистема (область)	Цель (показатель)	Выполнение (фактическое значение)		
		2003	2004	2005
	Снизить уровень общей заболеваемости на 3% за счёт улучшения условий производственной среды.	100%	Снижение уровня заболеваемости на 23,9% («новые» 100%).	Снижение уровня заболеваемости на 28,3%.
	Безусловное применение всем персоналом необходимых средств коллективной и индивидуальной защиты.	?	Пересмотрены нормы на СИЗ <sup>4</sup> , улучшено качество СИЗ.	Проводились ежемесячные проверки по использованию СИЗ.
	Разработать, документировать, внедрить и подготовить к сертификации систему управления проф. безопасностью и охраной труда.	?	Произведена оценка рисков, система документирована.	Получен сертификат OHSAS 18001.
	Результативно управлять рисками с целью недопущения их перехода в области высоких и недопустимых рисков.	?	?	Ни один риск не перешёл в области высоких и недопустимых рисков.
	Своевременно проводить оценку рисков при изменении и введении новых процессов и видов деятельности.	?	?	Выполнено.
	Повысить уровень удовлетворённости персонала результатами работы по охране труда на 5%.	?	100%	Уровень удовлетворённости повышен на 36%.
	Провести работу по вовлечения в систему управления проф. безопасностью и охраной труда организаций, оказывающие услуги на долговременной основе.	?	?	Получен сертификат OHSAS 18001, в том числе на 15 организаций-поставщиков, в них проведены аудиты, ведётся оценка рисков.

<sup>4</sup> СИЗ – средства индивидуальной защиты.

Динамика некоторых показателей в области качества представлена в виде диаграмм на Рис. 32 и Рис. 33.

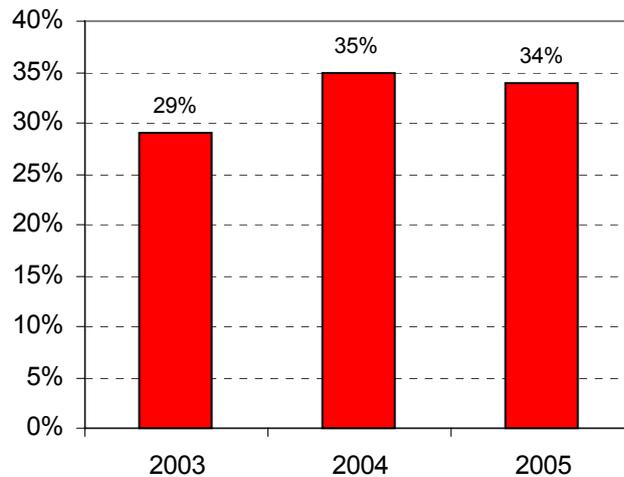


Рис. 32. Динамика показателя «Доля на рынке»

На Рис. 32 представлена динамика показателя «Доля на рынке», который в процентном соотношении определяет долю продукции ПО «Полированное стекло» на рынке стекла в России. Динамика данного показателя демонстрирует достижение одной из целей функционирования системы управления качеством – обеспечить стратегическое преимущество ПО на данном рынке – начиная с 2004 года ПО производит и продаёт более трети всего стекла в России.

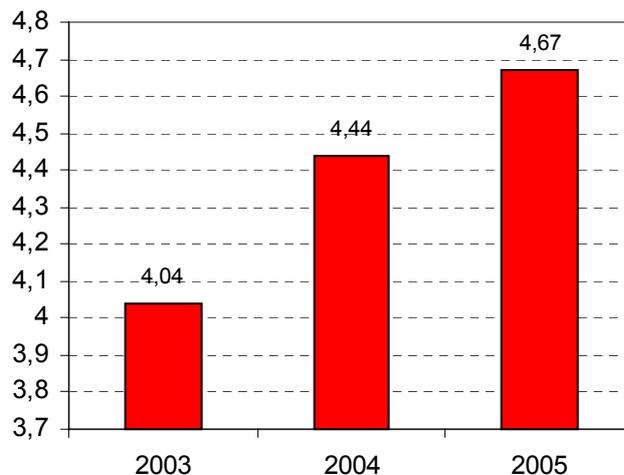


Рис. 33. Динамика показателя «Удовлетворённость потребителей»

На Рис. 33 представлена динамика показателя «Удовлетворённость потребителей», который по 5-балльной шкале определяет

удовлетворённость потребителей продукцией ПО «*Полированное стекло*». Динамика данного показателя демонстрирует достижение ещё одной цели функционирования системы управления качеством – не только не допускать снижения уровня удовлетворённости потребителей, но и обеспечивать его рост.

Динамика некоторых показателей в области экологической безопасности представлена в виде диаграмм на Рис. 34 и Рис. 35.

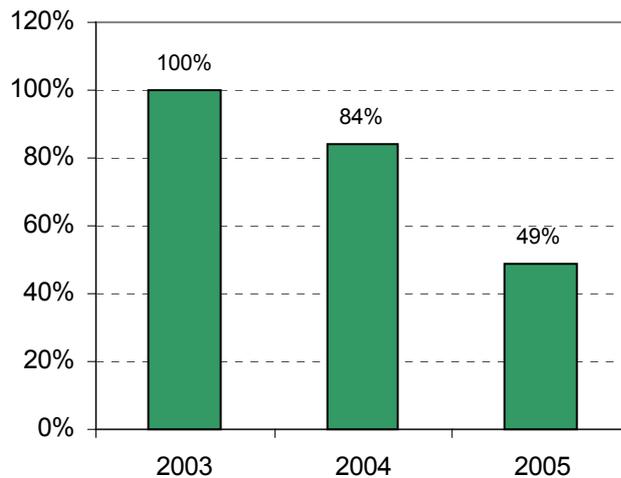


Рис. 34. *Динамика показателя «Платежи за загрязнение»*

На Рис. 34 представлена динамика показателя «*Платежи за загрязнение*», который в процентном соотношении определяет изменение сумм выплат за загрязнение окружающей среды относительно уровня 2003 года. Динамика данного показателя демонстрирует достижение одной из целей функционирования системы управления экологической безопасностью – минимизировать вредное воздействие результатов деятельности на окружающую среду и, как следствие, не допускать роста выплат за её загрязнение.

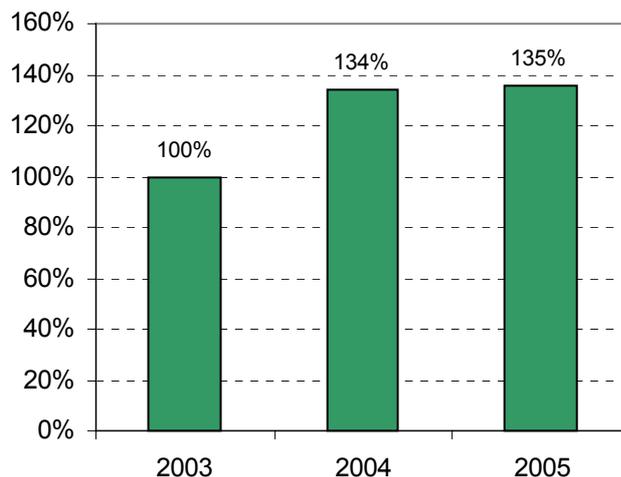


Рис. 35. Динамика показателя «Объёмы вторпереработки»

На Рис. 35 представлена динамика показателя «Объёмы вторпереработки», который в процентном соотношении определяет изменение объёмов отходов, направляемых на вторичную переработку, относительно уровня 2003 года. Динамика данного показателя демонстрирует достижение ещё одной цели функционирования системы управления экологической безопасностью – увеличивать долю отходов, направляемых на вторичную переработку.

Динамика некоторых показателей в области профессиональной безопасности и охраны труда представлена в виде диаграмм на Рис. 36 и Рис. 37.

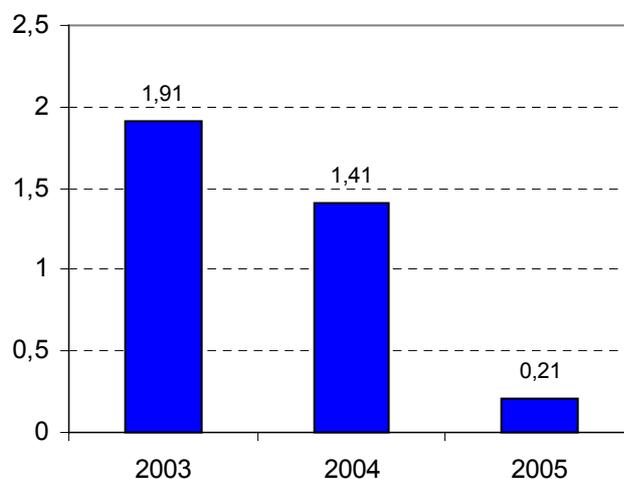


Рис. 36. Динамика показателя «Коэффициент риска»

На Рис. 36 представлена динамика показателя «Коэффициент риска», который по 5-балльной шкале определяет уровень безопасности (коэффициент риска) на производстве. Динамика данного показателя демонстрирует достижение одной из целей функционирования системы управления профессиональной безопасностью и охраной труда – достигать определённого уровня безопасности, с каждым годом всё более безопасного.

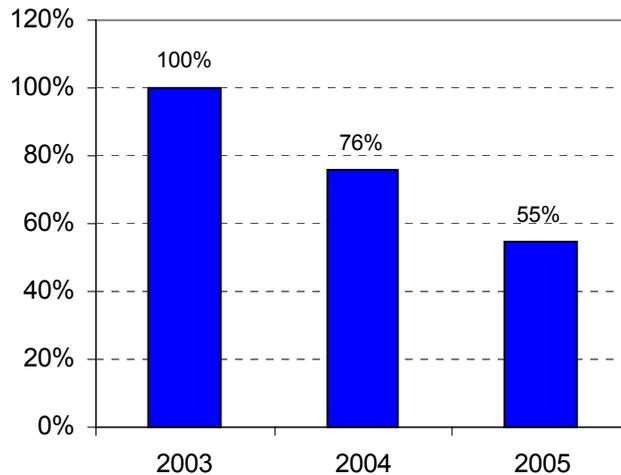


Рис. 37. Динамика показателя «Общая заболеваемость»

На Рис. 37 представлена динамика показателя «Общая заболеваемость», который в процентном соотношении определяет изменение уровня общей заболеваемости работников относительно уровня 2003 года. Динамика данного показателя демонстрирует достижение ещё одной цели функционирования системы управления профессиональной безопасностью и охраной труда – снижать уровень общей заболеваемости за счёт улучшения условий производственной среды.

В двух ежегодных внутренних отчётах о функционировании интегрированной системы управления, за 2004 [74] и 2005 [75] годы фигурирует одно и то же заключение: *«Цели в области качества, экологической безопасности, профессиональной безопасности и охраны труда в основном достигнуты, и актуализированы на следующий год».*

## Выводы по главе 4

1. Описан поэтапный процесс внедрения ИСУ в ПО *«Полированное стекло»* с использованием процессного подхода и разработанных в диссертации методик, начиная от обследования существующей системы управления качеством, переходя к формированию новой системы управления качеством, выбору варианта её интеграции с другими подсистемами ИСУ и заканчивая формированием ИСУ как единого целого.

2. Результаты применения разработанных в диссертации методик были использованы в процессе сертификации подсистем ИСУ ПО *«Полированное стекло»* и позволили ему получить все необходимые сертификаты, обеспечивающие конкурентное преимущество и выход на международный рынок, но и обязывающее постоянно совершенствовать сертифицированные системы управления, обеспечивая повышение качества продукции, гарантию экологической чистоты и безопасности производства, а также профессиональной безопасности работников и охраны их труда.

3. Показана положительная динамика ключевых показателей эффективности (KPI), используемых в ПО *«Полированное стекло»* для оценки эффективности функционирования подсистем ИСУ, прежде всего таких, как *«Доля на рынке»* и *«Удовлетворённость потребителей»* (показатели системы управления качеством), *«Платежи за загрязнение»* и *«Объёмы вторпереработки»* (показатели системы управления экологической безопасностью), *«Коэффициент риска»* и *«Общая заболеваемость»* (показатели системы управления профессиональной безопасностью и охраной труда).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научные и практические результаты диссертации сформулированы в следующих выводах:

1. Разработана методика обоснования и выбора варианта интеграции систем управления качеством, экологической безопасностью, профессиональной безопасностью и охраной труда на производстве листового стекла, в единую систему, основанная на структурном анализе орграфов, соответствующих IDEF0-моделям; методика позволяет сделать выбор варианта интеграции более формальным – в отличие от чисто интуитивного подхода на основе опыта ИТ-консультанта.

2. Разработана методика структурного анализа полииерархических IDEF0- и DFD-моделей с использованием аппарата теории графов, включая алгоритмы планаризации IDEF0- и DFD-моделей. Методика позволяет формально отнестись к процессу планаризации полииерархических моделей и их последующему структурному анализу, максимально его автоматизируя.

3. Предложенный алгоритм планаризации и структурного анализа IDEF0-модели был реализован в виде отдельного Windows-приложения, которое позволяет продемонстрировать основные этапы анализа IDEF0-модели, её планаризации и расчёта структурных характеристики.

4. Построена модель ИСУ производства листового стекла, соответствующая требованиям российских и международных стандартов ГОСТ Р ИСО 9001-2001, ГОСТ Р ИСО 14001-98 и OHSAS 18001:1999.

5. Результаты применения разработанных в диссертации методик были использованы в процессе сертификации подсистем ИСУ ПО «*Полированное стекло*» и позволили ему получить все необходимые сертификаты, обеспечивающие конкурентное преимущество и выход на международный рынок, но и обязывающее постоянно совершенствовать сертифицированные системы управления.

6. Предложенная методика оценки эффективности функционирования подсистем ИСУ позволила выработать ключевые показатели

эффективности, положительная динамика которых говорит о повышении результативности функционирования ИСУ, положительно влияющем на показатели производства.

**ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ**

1. Фатхутдинов Р. А. *Организация производства: Учебник. Краткий курс.* – М.: Инфра-М, 2001. – 304 с. – (Высшее образование).
2. *Что такое «сертификация»?* – М.: МГУЛ, 2002. – 2 с.
3. *Стандартное равенство.* / Эксперт, № 9 (57). – 2001.
4. *Интегрированная система управления (IMS).* – Regcon-Asia, 2002. – 11 с.
5. *Организационное и нормативно-методическое обеспечение системы качества.* – CALS.ru, 2002.
6. Тарбеев В. В. *Прогрессивные технологические процессы при производстве полированного стекла на Борском стекольном заводе: Учебное пособие.* – Нижний Новгород, 1997. – 115 с.
7. Никифоров А. Д. *Управление качеством: Учеб. пособие для вузов.* – М.: Дрофа, 2004. – 720 с., ил.
8. Федюкин В. К. *Управление качеством процессов.* – СПб.: Питер, 2004. – 208 с., ил.
9. Макаров Р. И., Огрызков С. А., Отцова Е. А., Попов Ю. М., Тарбеев В. В. *Современная система управления качеством на предприятии и технологии обеспечения её развития.* / Данные, информация и их обработка: Сборник научных статей. / Под ред. Садыкова С. С., Андрианова Д. Е. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 228 с., ил. – С. 135-140.
10. Тарбеев В. В. *Основы разработки системы менеджмента качества на стекольных заводах: Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора технических наук.* – Бор: БСЗ, 2005. – 36 с., ил.
11. Чуплыгин В. Н. *Управление качеством безопасного многослойного стекла для автомобильного транспорта: Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук.* – Бор: БСЗ, 2005.
12. Молодкин А. В. *Анализ и управление производством листового стекла: Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук.* – Бор: БСЗ, 2005.

13. Попов Ю. М. *Исследование и разработка системы управления качеством при производстве листового стекла: Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук.* – Владимир: ВлГУ, 2004. – 20 с., ил.

14. Кутепов А. М. *Виктор Вячеславович Кафаров – ученый, педагог и организатор науки.* / Методы кибернетики химико-технологических процессов: Сборник трудов V Международной научной конференции. – М.: РХТУ, 1999. – 196 с., ил.

15. Смолеговский А. И. *И. И. Китайгородский и его труды в области химии и химической технологии стекла, керамики и ситаллов.* – Пермь: Базальтовые технологии, 2005. – 144 с.

16. Будов В. М., Саркисов П. Д. *Производство строительного и технического стекла.* – М.: Высшая школа, 1991. – 319 с., ил.

17. Прангишвили И. В. *Системный подход и общесистемные закономерности.* – М.: Синтег, 2001. – 528 с., ил. – (Системы и проблемы управления).

18. Свиткин М. З. *Интегрированные системы менеджмента.* / Стандарты и качество, № 2/2004. – Стандарты и качество, 2004. – С. 56-61.

19. Казмировский Е. Л. *Интегрированные системы: игра по правилам?* / Методы менеджмента качества, № 5/2005. – М.: Стандарты и качество, 2005.

20. Казмировский Е. Л. *Интегрированные системы . Новый подход к построению и оценке.* / Материалы 16-й международной конференции «От менеджмента качества к качеству менеджмента и бизнеса». – СПб.: Конфлакс, 2006.

21. Аванесов Е. К. *Оценка уровня интегрированности систем менеджмента.* / Материалы 16-й международной конференции «От менеджмента качества к качеству менеджмента и бизнеса». – СПб.: Конфлакс, 2006.

22. Иваненко Т. *Интегрированная система менеджмента.* / За калий, № 44 (2392) от 12.11.2004. – Соликамск: Сильвинит, 2004.

23. *Этапы создания корпоративной интегрированной системы менеджмента (ИСМ) на БАЗ-СУАЛ.* – Краснотурьинск: БАЗ, 2006.
24. *Архангельский ЦБК подтвердил соответствие всех систем международным стандартам.* – М.: RegNum, 2006.
25. *«СпецТек» разработал интегрированную систему менеджмента для ОАО «Нойзидлер Сыктывкар».* – СПб.: СпецТек, 2004.
26. *Система менеджмента качества.* – Дубна: Тензор, 2004.
27. Петрова А. Л. *Создание интегрированной системы менеджмента нефтехимической компании.* / Материалы 16-й международной конференции «От менеджмента качества к качеству менеджмента и бизнеса». – СПб.: Конфлакс, 2006.
28. *Общемировые тенденции освоения стандартов менеджмента.* – М.: Русский регистр, 2006. – 33 с., ил.
29. Огрызков С. А. *Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Корпоративные информационные системы».* – Владимир: ВлГУ, 2007. – 28 с., ил.
30. Макаров Р. И., Тарбеев В. В., Отцова Е. А., Огрызков С. А. *Интегрированная система управления и методики её построения.* / Математические методы в технике и технологиях: Сборник трудов XVI Международной научной конференции. В 10 т. Т. 6. Секции 9, 13. / Под общ. ред. Балакирева В. С. – Ростов-на-Дону: РГАСХМ ГОУ, 2003. – 234 с., ил. – С. 224-226.
31. ГОСТ Р ИСО 9001-2001. *Системы менеджмента качества. Требования.* – М.: Госстандарт России, 2001. – 35 с., ил.
32. РД IDEF0-2000. *Информационные технологии поддержки жизненного цикла изделия. Методология функционального моделирования.* – М.: Госстандарт РФ, 2000. – 75 с., ил.
33. Макаров Р. И., Тарбеев В. В., Попов Ю. М., Огрызков С. А., Отцова Е. А. *Интегрированная система управления (IMS).* / Проблемы экономики, финансов и управления производством: Сборник научных трудов вузов

России, выпуск 13-й. / Под ред. Соколова Ю. А. – Иваново: ИГХТУ, 2003. – 478 с., ил. – С. 243-248.

34. ГОСТ Р ИСО 14001-98. *Системы управления окружающей средой. Требования и руководство по применению.* – М.: Госстандарт России, 1998. – 19 с., ил.

35. Гревцев В. В. *Теория графов: Электронный учебник.* – М.: МАИ, 2003.. – 64 с., ил.

36. Рыжова Н. И., Швецкой М. В. и др. *Лабораторная работа 1. Представление графов с помощью матриц (матрицы смежности, матрицы инцидентности, матрицы достижимости).* – СПб.: РГПУ, 2004. – 6 с., ил.

37. Марк Г., Макгоуэн К. *Методология структурного анализа и проектирования.* / Пер. с англ. – М.: МетаТехнология, 1993. – 240 с., ил.

38. Калянов Г. Н. *CASE-технологии. Консалтинг при автоматизации бизнес-процессов.* 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2000. – 320 с., ил.

39. Верник Г. Н. *Стандарты моделирования IDEF и ABC.* – Корпоративный менеджмент, 2002. – 44 с., ил.

40. Тарбеев В. В., Чебыкин С. В., Хорошева Е. Р. *Методика и алгоритмы отображения множества бизнес-процессов на организационную структуру предприятия.* / Социально-экономические системы и процессы: методы изучения и проблемы развития. Материалы международной научно-практической конференции. – Владимир: ВЗФЭИ, 2005.

41. Сергеева Л. *Стандарт ориентирует на потребителя.* – Stroi.ru, 2001. – 3 с.

42. *Заметки об ISO 14000.* / Менеджмент качества. – Regcon-Asia, 2002.

43. ГОСТ Р 12.0.006-2002. *Общие требования к управлению охраной труда в организации.* – Госстандарт РФ, 2002. – 13 с.

44. Огрызков С. А. *Особенности построения отраслевых систем менеджмента качества.* / Экономика и экономическое образование: Межвузовский сборник научных статей. Ч. 1. Современные проблемы экономики. – Владимир: ВлГУ, 2005. – 432 с., ил. – С. 259-264.

45. *Понятие и виды менеджмента.* / Менеджмент, его сущность и его разновидности. – ehamen.od.ua, 2006. – 5 с.

46. ГОСТ 24525.0-80. *Управление производственным объединением и промышленным предприятием. Основные положения.* – Госстандарт СССР, 1980.

47. Технические условия ИСО/ТУ 16949:2002 (ISO/TS 16949:2002 (R)). *Системы менеджмента качества. Особые требования по применению стандарта ИСО 9001:2000 в автомобилестроении и организациях, поставляющих соответствующие запасные части.* Издание 2-е. – Hannover: Euro Akadem, 2003.

48. Паулк М. К., Куртис Б., Хриссис М. Б., Вебер Ч. В., Гарсия С. М., Буш М. *Модель зрелости процессов разработки программного обеспечения.* – М.: Богородский печатник, 2002. – 256 стр., ил.

49. *Оценка и аттестация зрелости процессов создания и сопровождения программных средств и информационных систем (ISO/IEC TR 15504 – CMM).* / Пер. с англ. Агапова А. С., Зенина С. В. и др. – М.: Книга и бизнес, 2001. – 348 с.

50. Макаров Р. И., Огрызков С. А., Попов Ю. М., Тарбеев В. В., Чуплыгин В. Н. *Интегрированная система управления (IMS) и архитектура интегрированных информационных систем (ARIS).* / Производственные технологии и качество продукции: Материалы V международной научно-технической конференции 14-17 октября 2003 г., г. Владимир. / Под ред. Коростелёва В. Ф., Сысоева С. Н., Латышева М. В., Кирилина А. Н. – М.: Новые технологии, 2003. – 394 с., ил. – С. 277-282.

51. Огрызков С. А. *Построение орграфа по иерархической IDEF0-модели с целью последующего структурного анализа.* / Автоматизация машиностроительного производства, технология и надёжность машин,

приборов и оборудования: Материалы 2-й международной научно-технической конференции. В 2-х т. Том II. – Вологда: ВоГТУ, 2006. – 259 с., ил. – С. 136-139.

52. Огрызков С. А. *Применение структурного анализа для выбора варианта построения интегрированной системы управления.* / Алгоритмы, методы и системы обработки данных: Сборник научных статей. / Под ред. Садыкова С. С., Андрианова Д. В. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – С. 241-247.

53. Хорошева Е. Р. *Методика оценки структуры информационной базы систем менеджмента.* – 2006. – 8 с., ил.

54. Макаров Р. И., Хорошева Е. Р., Огрызков С. А. *Методика анализа и оценки эффективности функционирования системы менеджмента в области профессиональной безопасности и охраны труда.* / Надёжность и качество 2005: Труды международного симпозиума. – Пенза: ПГУ, 2005. – 528 с., ил. – С. 472-475.

55. Макаров Р. И., Хорошева Е. Р., Огрызков С. А., Субботин К. Ю., Ефременков В. В. *Система менеджмента качества цеха приготовления шихты.* / Стекло и керамика, № 7/2005. – М.: Ладья, 2005. – 40 с., ил. – С. 29-30.

56. Макаров Р. И., Огрызков С. А., Отцова Е. А., Тарбеев В. В., Попов Ю. М., Чуплыгин В. Н. *Этапы построения интегрированной системы менеджмента в ОАО «Борский стекольный завод».* / Обработка информации: системы и методы: Сборник научных статей. / Под ред. Садыкова С. С., Андрианова Д. Е. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 251 с., ил. – С. 149-155.

57. Куликов Г. Г., Речкалов А. В., Набатов А. Н., Черняховская Л. Р., Никулина Н. О., Старцева Е. Б. *Автоматизированное проектирование информационно-управляющих систем. Проектирование экспертных системы на основе системного моделирования.* – Уфа: УГАТУ, 1978. – 233 с., ил.

58. Кузнецов А. М., Набатов А. Н., Никулина Н. О., Алимбекова Э. Р. *Разработка системного проекта электронного документооборота ЗАО*

«Сахалинморнефтегаз-шельф». / Управление в сложных системах. Разработка автоматизированных систем. – Уфа: УГАТУ, 1999. – С. 175-180.

59. Руководство по качеству. / Документация системы управления качеством. – Бор: Борский стекольный завод, 2000. – 39 с., ил.

60. Таран С. *KPI и BSC: факторы успешного применения*. – E-executive.ru, 2004.

61. Васильев А. В. *Исследование и разработка алгоритмов управления многостадийным процессом производства листового стекла*: Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Владимир: ВлГУ, 2006. – 24 с., ил.

62. *Методические материалы для слушателей семинара «Современный менеджмент качества, системы менеджмента качества на основе модели ISO 9001:2000»*. – Нижний Новгород: Российский морской регистр судоходства, 2002.

63. Макаров Р. И., Огрызков С. А., Отцова Е. А. *Информационное обеспечение системы менеджмента качества ПО «Полированное стекло»*: Годовой отчёт о НИР (хоздоговор № 2641/01). – Владимир: ВлГУ, 2002. – 120 с., ил.

64. Макаров Р. И., Тарбеев В. В., Хорошева Е. Р., Попов Ю. М. *Управление качеством листового стекла. Флоат-способ*. / Под ред. Макарова Р. И. – Владимир: ВлГУ, 2003. – 194 с., ил.

65. Макаров Р. И., Хорошева Е. Р., Субботин К. Ю., Ефременков В. В. *Статистические методы контроля и регулирования в технологическом процессе приготовления шихты для производства листового стекла*. / Сборник. – Владимир: ВЗФЭИ, 2004.

66. Карпиков В. И. *Как оценить эффективность функционирования системы качества?* / Век качества, № 3. – Век качества, 2001.

67. Гершун А., Горский М. *Технологии сбалансированного управления*. – М.: Олимп-бизнес, 2005. – 416 с., ил.

68. Родионов А. С. *Оценка эффективности деятельности банка. Методики, технологии, инструменты.* / CRM в отраслях. – CRM.com.ua, 2004.

69. Ципес Г. *Ключевые показатели деятельности в проектно-ориентированной компании.* / Директор ИС, № 5. – 2003.

70. *Построение системы стратегического управления компании по Balanced Scorecard (BSC).* / Услуги. – IBS, 2004.

71. Хорошева Е. Р. *Структуризация целей интегрированной системы управления стекольного завода.* / Автоматизация машиностроительного производства, технология и надёжность машин, приборов и оборудования: Материалы 2-й международной научно-технической конференции. В 2-х т. Том II. – Вологда: ВоГТУ, 2006. – 259 с., ил. – С. 227-231.

72. *Системный анализ и принятие решений:* Словарь-справочник: Учеб. пособие для вузов. / Под ред. Волковой В. Н., Козлова В. Н. – М.: Высшая школа, 2004. – 616 с., ил.

73. Могилевский В. Д. *Система власти и власть системы.* / Обозреватель. – М.: Духовное наследие, 1996.

74. *Отчёт о функционировании систем менеджмента качества, экологического менеджмента и менеджмента в области охраны труда ОАО «Борский стекольный завод» за 2004 г.* – Бор: Борский стекольный завод, 2005. – 46 с., ил.

75. *Отчёт о функционировании систем менеджмента качества, экологического менеджмента и менеджмента в области профессиональной безопасности и охраны труда ОАО «Борский стекольный завод» за 2004 год.* – Бор: Борский стекольный завод, 2006. – 77 с., ил.

76. *Краткий словарь научных слов и понятий в учебных курсах по векторно-графическому анализу, САПР и машинной графике.* / Болотов В. П., Седых В. И., Зыков А., Роньшин Ю. – Владивосток: Центр виртуального моделирования МорГУ, 2000. – 24 с., ил.

77. Макаров Р. И., Хорошева Е. Р., Лукашин С. А. *Автоматизация производства листового стекла (флоат-способ)*. / Под ред. Макарова Р.И.. – М.: Ассоциация строительных вузов, 2002. –192 с., ил.

78. Ogryzkov S. A. *Research and Development of Integrated Management System of an Enterprise*. / Informatics, Mathematical Modeling and Design in Technics, Controlling and Education (IMMD 2004): Proceedings of International Scientific Conference. – Vladimir: Vladimir State University, 2004. – 240 p., il. – Pp. 60-62.

79. *IDL Escapes*. – Platinum Technology, 1993-99. – 9 с.

80. *ARIS Help*. – IDS Scheer AG, 2001.

81. *OHSAS 18001, OSHA and BS8800 Health and Safety Information*. – OSHA-BS8800-OHSAS-18001-Health-and-Safety.com, 2002.

82. *The Health and Safety & OHSAS Guide*. – OHSAS 18001 Occupational Health and Safety Zone, 2002.

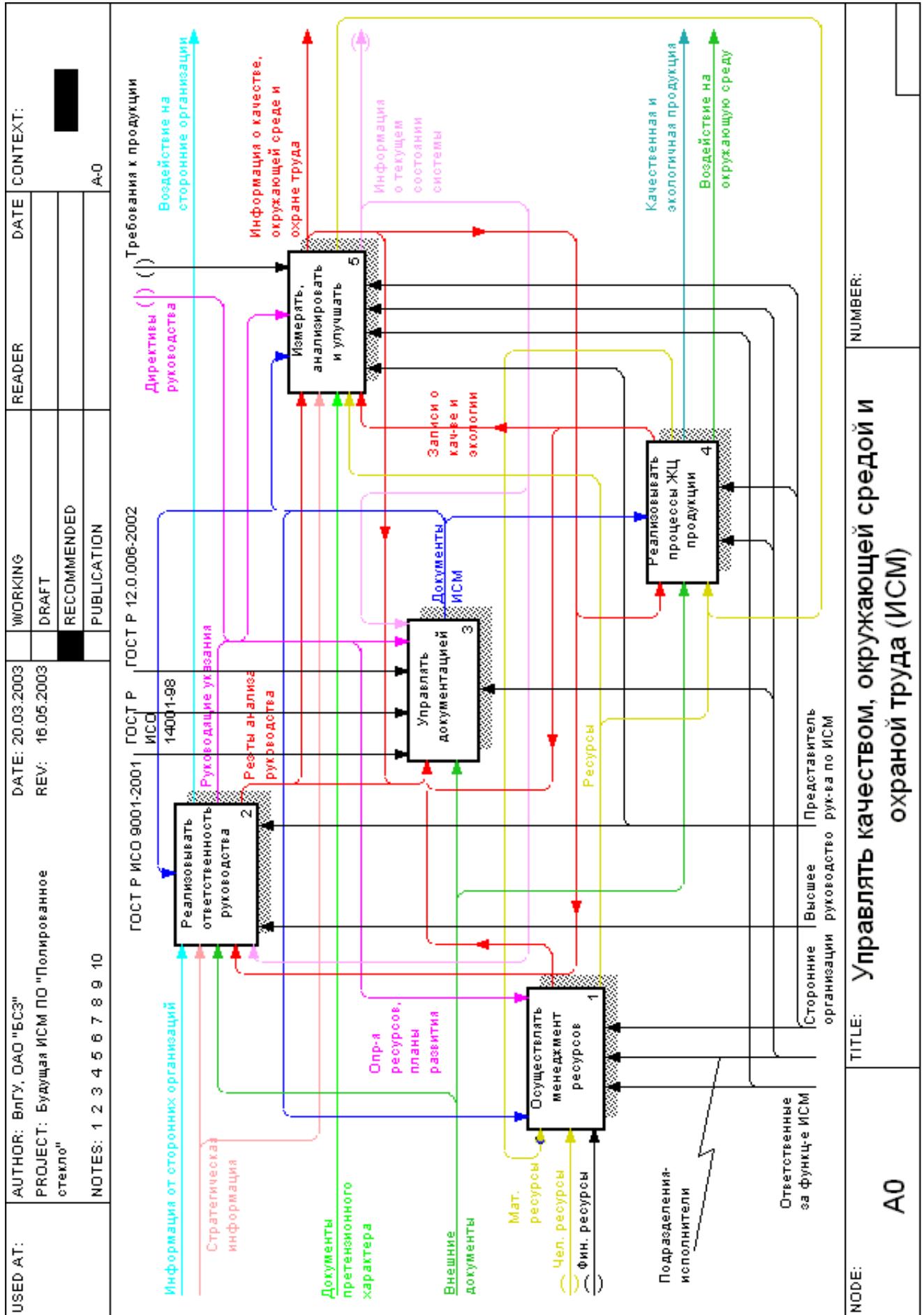
83. *The (Degree, Diameter) Problem for Graphs*. / World Combinatorics Exchange. – South Carolina: Clemson University, 2006. – 3 p.

84. Dijkstra E. W. *Graphs of Modest Diameter and Degrees*. / Dijkstra Archive, #1003. – Austin: University of Texas, 1987. – 5 p., il.

85. OHSAS 18001:1999. *General Requirements for Occupational Health and Safety Management in Organization*. – London: BSI, 1999.

86. Makarov R. I., Khorosheva E. R., S. A. Ogryzkov, et al. *Quality Management System of the Batch Preparation Division*. / Glass and Ceramics, Vol. 63, Nos. 5-6. – New York: Springer, 2006. – 72 p., il. – Pp. 139.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. ПРИМЕР IDEF0-ДИАГРАММЫ И ГЛОССАРИЯ



NUMBER:

TITLE: **Управлять качеством, окружающей средой и охраной труда (ИСМ)**

NUMBER:

A0

NOTE:

USED AT:	AUTHOR: ВпГУ, ОАО «БСЗ» ПРОЕКТ: Будущая ИСМ ПО «Полированное стекло»	DATE: 20.03.2003 REV: 17.04.2003	WORKING		READER DATE	CONTEXT:
				DRAFT		
				RECOMMENDED		
				PUBLICATION		A-0
<p><b>1. Осуществлять менеджмент ресурсов</b> – одна из основных функций (макропроцесс) ИСМ, включает в себя определение и обеспечение ресурсами для внедрения и поддержания в рабочем состоянии ИСМ, а также постоянного повышения её результативности, повышения удовлетворённости потребителя и улучшения состояния окружающей среды (п. 4.4.1 и 4.4.2 ИСО 14001).</p> <p><b>2. Реализовывать ответственность руководства</b> – одна из основных функций (макропроцесс) ИСМ, включает в себя обеспечение наличия свидетельств принятия обязательств по разработке и внедрению ИСМ, а также постоянному улучшению её результативности посредством доведения до сведения организации важности выполнения требований потребителя, охраны окружающей среды, а также законодательных и обязательных требований, посредством разработки политики в области качества и экологической политики, обеспечения целей в области качества и экологии, проведения анализа со стороны руководства, обеспечения необходимыми ресурсами (п. 5 ИСО 9001, пп. 4.2, 4.3, 4.4.1, 4.4.3 и 4.6 ИСО 14001).</p> <p><b>3. Управлять документацией</b> – одна из основных функций (макропроцесс) ИСМ, включает в себя всестороннее управление различными документами ИСМ, в том числе специальным видом документов – <i>записями</i> (пп. 4.1, 4.2.3 и 4.2.4 ИСО 9001, пп. 4.4.4, 4.4.5 и 4.5.3 ИСО 14001).</p> <p><b>4. Реализовывать процессы жизненного цикла продукции</b> – одна из основных функций (макропроцесс) ИСМ, включает в себя все процессы жизненного цикла продукции, в том числе их планирование, связь с потребителем, проектирование и разработка, закупки, производство и обслуживание, управление устройствами для мониторинга и измерений (п. 7 ИСО 9001, пп. 4.4, 4.4.6 и 4.4.7 ИСО 14001).</p> <p><b>5. Измерять, анализировать и улучшать</b> – одна из основных функций (макропроцесс) ИСМ, включает в себя планирование и применение процессов мониторинга, анализа и улучшения, необходимые для демонстрации соответствия продукции и окружающей среды, обеспечения соответствия ИСМ, постоянного повышения результативности ИСМ; это должно включать определение применимых методов, в том числе статистических, и область их использования (п. 8 ИСО 9001, п. 4.5 ИСО 14001).</p>						
NOTE:	A0: блоки	TITLE:	Управлять качеством, окружающей средой и охраной труда		NUMBER:	

USED AT:	AUTHOR: ВпГУ, ОАО «БСЗ» ПРОЕКТ: Будущая ИСМ ПО «Полированное стекло»	DATE: 20.03.2003 REV: 17.04.2003	WORKING		READER DATE	CONTEXT:
				RECOMMENDED		
	NOTES: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10			PUBLICATION		A-0
<p><b>Материальные ресурсы</b> – материальные ресурсы (инфраструктура, производственная среда), используемые ИСМ.  <b>Человеческие ресурсы</b> – человеческие (людские) ресурсы (будущий компетентный персонал), используемые ИСМ.  <b>Финансовые ресурсы</b> – финансовые (денежные) ресурсы, используемые ИСМ (в том числе для приобретения др. видов ресурсов).  <b>Документы ИСМ</b> – нормативные документы ИСМ, описывающие и обеспечивающие её функционирование.  <b>Определения ресурсов, планы развития</b> – формальные определения ресурсов, используемых ИСМ, а также планы развития ИСМ.  <b>Информация о качестве, окружающей среде и охране труда</b> – см. лист А-0С.  <b>Ресурсы</b> – человеческие и материальные ресурсы (персонал, инфраструктура, производственная среда), используемые ИСМ.  <b>Ответственные за функционирование ИСМ</b> – см. лист А-0С.  <b>Подразделения-исполнители</b> – см. лист А-0С.  <b>Сторонние организации</b> – см. лист А-0С.</p>						
<p><b>Информация от сторонних организаций</b> – см. лист А-0С.  <b>Стратегическая информация</b> – см. лист А-0С.  <b>Внешние документы</b> – см. лист А-0С.  <b>Информация о текущем состоянии системы</b> – расширенное понятие «Информация о качестве, окружающей среде и охране труда» (см. лист А-0С), которое используется только внутри ИСМ.  <b>Воздействие на сторонние организации</b> – см. лист А-0С.  <b>Руководящие указания</b> – указания от руководства (в виде нормативных документов), управляющие функционированием ИСМ.  <b>Директивы руководства</b> – тоже руководящие указания, но поступающие с более высокого уровня – от руководства группы "GlaxoBiel".  <b>Результаты анализа руководства</b> – результаты анализа функционирования ИСМ со стороны руководства, частный случай понятия «Информация о качестве, окружающей среде и охране труда» (см. лист А-0С).  <b>Высшее руководство, окружающей среде</b> – см. лист А-0С.  <b>Представитель руководства по ИСМ</b> – см. лист А-0С.</p>						
<p><b>ГОСТ Р ИСО 9001-2001, ГОСТ Р ИСО 14001-98, ГОСТ Р 12.0.006-2002</b> – см. лист А-0С.</p>						
<p><b>Записи о качестве и экологии</b> – записи о качестве процессов и продукции, окружающей среде (экологической безопасности) как частный случай понятия «Информация о качестве, окружающей среде и охране труда» (см. лист А-0С).  <b>Качественная и экологичная продукция</b> – см. лист А-0С.  <b>Воздействие на окружающую среду</b> – см. лист А-0С.</p>						
<p><b>Документы претензионного характера</b> – см. лист А-0С.  <b>Требования к продукции</b> – формализованные требования по качеству и экологической безопасности продукции.</p>						
NODE:	A0: стрелки	TITLE:	Управлять качеством, окружающей средой и охраной труда		NUMBER:	



USED AT:	AUTHOR: ВлГУ, ОАО «БСЗ» PROJECT: Будущая ИСМ ПО «Полированное стекло»	DATE: 08.08.2003 REV: 27.01.2004	WORKING DRAFT RECOMMENDED PUBLICATION	READER	DATE COMPL.:
<p><b>ПРОЦЕСС:</b> Управлять человеческими ресурсами  <b>ВХОД:</b> Человеческие ресурсы; Финансовые ресурсы; Документы ИСМ; Определения ресурсов; Планы развития  <b>ВЫХОД:</b> Записи о персонале; Компетентный персонал  <b>ПОДПРОЦЕССЫ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Определять необходимую компетентность персонала</li> <li>• Обеспечивать подготовку персонала</li> <li>• Оценивать результативность предпринимаемых мер по подготовке</li> <li>• Обеспечивать осведомленность персонала о важности его деятельности</li> <li>• Поддерживать в рабочем состоянии соответствующие записи</li> </ul> <p><b>ПРОЦЕСС:</b> Определять, обеспечивать и поддерживать инфраструктуру  <b>ВХОД:</b> Финансовые ресурсы; Документы ИСМ; Определения ресурсов; Планы развития; Материальные ресурсы (инфраструктура)  <b>ВЫХОД:</b> Записи об инфраструктуре; Инфраструктура  <b>ПОДПРОЦЕССЫ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Определять, обеспечивать и поддерживать здания, рабочее пространство и средства труда</li> <li>• Определять, обеспечивать и поддерживать оборудование для процессов</li> <li>• Определять, обеспечивать и поддерживать службы обеспечения (транспорт, связь и т.п.)</li> </ul> <p><b>ПРОЦЕСС:</b> Создавать и поддерживать производственную среду  <b>ВХОД:</b> Финансовые ресурсы; Документы ИСМ; Определения ресурсов; Планы развития; Материальные ресурсы (производственная среда)  <b>ВЫХОД:</b> Записи о производственной среде; Производственная среда  <b>АЛГОРИТМ:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. На основании определения ресурсов, планов развития, имеющихся материальных ресурсов <b>ОПРЕДЕЛИТЬ</b> рабочую среду, необходимую для достижения соответствия продукции сформированным требованиям.</li> <li>2. При постоянном финансировании <b>ПОДДЕРЖИВАТЬ</b> рабочую среду в соответствующем состоянии и <b>УПРАВЛЯТЬ</b> ею.</li> </ol>	<p>NOTES: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</p>				AO
<p>NODE: A 1: миниспецификации</p>	<p>TITLE: Осуществлять менеджмент ресурсов</p>		<p>NUMBER:</p>		

## ПРИЛОЖЕНИЕ С. СТРУКТУРА IDL-ФАЙЛА IDEF0-МОДЕЛИ

KIT (начало файла)

IDL VERSION ... (версия IDL)

TITLE ... (название модели)

AUTHOR ... (автор модели)

CREATION DATE ... (дата создания)

PROJECT NAME ... (название проекта)

MODEL (начало модели)

AUTHOR ... (автор модели)

PROJECT NAME ... (название проекта)

DIAGRAM GRAPHIC ... (начало одной из диаграмм)

CREATION DATE ... (дата создания)

REVISION DATE ... (дата пересмотра)

TITLE ... (название диаграммы)

STATUS ... (статус диаграммы)

BOX ... (начало одного из блоков)

NAME ... (название блока)

BOX COORDINATES ... (координаты блока)

(DETAIL REFERENCE N ...) (ссылка на декомпозицию)

ENDBOX (конец одного из блоков)

...

ARROWSEG ... (начало одной из стрелок)

SOURCE (TUNNEL) BORDER/BOX/BRANCH/JOIN ... (начало)

PATH ... (путь прохождения)

LABEL ... (название стрелки)

LABEL COORDINATES ... (координаты стрелки)

SINK (TUNNEL) BORDER/BOX/BRANCH/JOIN ... (конец)

ENDSEG (конец одной из стрелок)

...

ENDDIAGRAM (конец одной из диаграмм)

...

DIAGRAM (начало глоссариев диаграмм)

GLOSSARY A0G (начало глоссария блоков)

TERM ... (один из терминов)

' ... ' (определение термина)

N ... (примечание к термину)

A ... (автор термина)

U ... (источник термина)

S ... (статус термина)

C ... (цвет термина)

F 1.000000 (неизвестно)

...

ENDGLOSS (конец глоссария блоков)

GLOSSARY (начало глоссария стрелок)

TERM ... (один из терминов)

' ... ' (определение термина)

N ... (примечание к термину)

A ... (автор термина)

S ... (статус термина)

C ... (цвет термина)

...

ENDGLOSS (конец глоссария стрелок)

ENDDIAGRAM (конец глоссариев диаграмм)

ENDMODEL (конец модели)

ENDKIT (конец файла)

## ПРИЛОЖЕНИЕ D. ИСХОДНЫЙ ТЕКСТ ПРОГРАММЫ ПЛАНАРИЗАЦИИ

```

procedure BuildOrgraphMatrices;
var
  Activity: string;
  I, J, MaxWidth: Integer;
begin
  UpdateStatus ('Построение матрицы смежности орграфа');
  AdjacencyStringGrid.ColCount := LeavesMemo.Lines.Count + 1;
  AdjacencyStringGrid.RowCount := LeavesMemo.Lines.Count + 1;
  AdjacencyStringGrid.FixedCols := 1;
  AdjacencyStringGrid.FixedRows := 1;
  AdjacencyStringGrid.Cells[0,0] := '\';
  MaxWidth := 0;
  for I := 1 to LeavesMemo.Lines.Count do
    begin
      Activity := ExtractFullObjectNo (LeavesMemo.Lines[I-1]);
      AdjacencyStringGrid.Cells[0,I] := Activity;
      AdjacencyStringGrid.Cells[I,0] := Activity;
      if AdjacencyStringGrid.Canvas.TextWidth (Activity) > MaxWidth then
        MaxWidth := AdjacencyStringGrid.Canvas.TextWidth (Activity);
    end;
  AdjacencyStringGrid.DefaultColWidth := MaxWidth + 6;
  UpdateStatus ('Построение матрицы кратчайших путей');
  ShortestStringGrid.ColCount := AdjacencyStringGrid.ColCount;
  ShortestStringGrid.RowCount := AdjacencyStringGrid.RowCount;
  ShortestStringGrid.FixedCols := 1;
  ShortestStringGrid.FixedRows := 1;
  ShortestStringGrid.DefaultColWidth := AdjacencyStringGrid.DefaultColWidth;
  for I := 0 to ShortestStringGrid.ColCount - 1 do
    for J := 0 to ShortestStringGrid.RowCount - 1 do
      ShortestStringGrid.Cells[I,J] := AdjacencyStringGrid.Cells[I,J];
  UpdateStatus ('Построение матрицы связности (достижимости)');
  CoherencyStringGrid.ColCount := AdjacencyStringGrid.ColCount;
  CoherencyStringGrid.RowCount := AdjacencyStringGrid.RowCount;
  CoherencyStringGrid.FixedCols := 1;
  CoherencyStringGrid.FixedRows := 1;
  CoherencyStringGrid.DefaultColWidth := AdjacencyStringGrid.DefaultColWidth;
  for I := 0 to CoherencyStringGrid.ColCount - 1 do
    for J := 0 to CoherencyStringGrid.RowCount - 1 do
      CoherencyStringGrid.Cells[I,J] := AdjacencyStringGrid.Cells[I,J];
  UpdateStatus ('Построение матрицы-вектора рангов');
  RankStringGrid.ColCount := 2;
  RankStringGrid.RowCount := AdjacencyStringGrid.RowCount;

```

```

RankStringGrid.FixedCols := 1;
RankStringGrid.FixedRows := 1;
RankStringGrid.DefaultColWidth := AdjacencyStringGrid.DefaultColWidth;
for I := 0 to RankStringGrid.ColCount - 1 do
  for J := 0 to RankStringGrid.RowCount - 1 do
    RankStringGrid.Cells[I,J] := AdjacencyStringGrid.Cells[I,J];
RankStringGrid.Cells[1,0] := 'Ранг';
UpdateStatus ('');
end;

procedure CalculateOrgraphParams;
const StepName: string = 'Расчёт значений параметров';
var
  c, d, I, J, MaxWidth, m, n, Q, Qmin: Integer;
  e2, p, pi, Qrel, R, sigma, zi, zmax: Real;
  ListItem: TListItem;
procedure PrepareForParam (const ParamName: string);
begin
  UpdateStatus (StepName + ': ' + ANSILowerCase (Copy (ParamName, 1, 1)) + Copy
    (ParamName, 2, Length (ParamName)));
  ListItem := ParamsListView.Items.Add;
  ListItem.Caption := ParamName;
end;
begin
  UpdateStatus (StepName);
  n := ShortestStringGrid.ColCount - 1;
  PrepareForParam ('Размерность матрицы смежности');
  ListItem.SubItems.Add (IntToStr(n) + ' x ' + IntToStr(n));
  PrepareForParam ('Число элементов матрицы смежности');
  ListItem.SubItems.Add (IntToStr(n*n));
  PrepareForParam ('Число ненулевых элементов в матрице смежности');
  m := 0;
  for I := 1 to n do for J := 1 to n do
    m := m + StrToInt(AdjacencyStringGrid.Cells[I,J]);
  ListItem.SubItems.Add (IntToStr(m));
  PrepareForParam ('Процент заполнения матрицы смежности');
  ListItem.SubItems.Add (RealToStr(m/n/n*100)+'%');
  PrepareForParam ('Общая структурная близость Q');
  Q := 0;
  for I := 1 to n do for J := 1 to n do
    Q := Q + StrToInt(ShortestStringGrid.Cells[I,J]);
  ListItem.SubItems.Add (IntToStr(Q));
  PrepareForParam ('Минимальная структурная компактность Qmin');
  Qmin := n * (n - 1);

```

```

ListItem.SubItems.Add (IntToStr(Qmin));
PrepareForParam ('Относительная структурная компактность Qотн');
Qrel := Q / Qmin - 1;
ListItem.SubItems.Add (RealToStr(Qrel));
PrepareForParam ('Диаметр структуры d');
d := 0;
for I := 1 to n do for J := 1 to n do
  if StrToInt(ShortestStringGrid.Cells[I,J]) > d then
    d := StrToInt(ShortestStringGrid.Cells[I,J]);
ListItem.SubItems.Add (IntToStr(d));
PrepareForParam ('Число ненулевых элементов в матрице связности');
c := 0;
for I := 1 to n do for J := 1 to n do
  c := c + StrToInt(CoherencyStringGrid.Cells[I,J]);
ListItem.SubItems.Add (IntToStr(c));
PrepareForParam ('Процент заполнения матрицы связности');
ListItem.SubItems.Add (RealToStr(c/n/n*100)+'%');
PrepareForParam ('Структурная избыточность R');
R := 0.5 * m / (n - 1) - 1;
ListItem.SubItems.Add (RealToStr(R));
PrepareForParam ('Средняя степень вершины p (po)');
p := 2 * m / n;
ListItem.SubItems.Add (RealToStr(p));
PrepareForParam ('Сумма квадратов отклонений степеней вершин e^2');
e2 := 0;
for I := 1 to n do
  begin
    pi := 0;
    for J := 1 to n do pi := pi + StrToInt(AdjacencyStringGrid.Cells[I,J]) +
      StrToInt(AdjacencyStringGrid.Cells[J,I]);
    e2 := e2 + Power (pi - p, 2);
  end;
ListItem.SubItems.Add (RealToStr(e2));
PrepareForParam ('zmax - максимальное значение величины zi');
zmax := 0;
for I := 1 to n do
  begin
    zi := 0;
    for J := 1 to n do zi := zi + StrToInt(ShortestStringGrid.Cells[I,J]);
    zi := Q / 2 / zi;
    if zi > zmax then zmax := zi;
  end;
ListItem.SubItems.Add (RealToStr(zmax));
PrepareForParam ('Индекс центральности (сигма)');

```

```

sigma := (n - 1) * (2 * zmax - n) / zmax / (n - 2);
ListItem.SubItems.Add (RealToStr(sigma));
MaxWidth := 0;
for I := 0 to ParamsListView.Items.Count - 1 do
  if ParamsListView.Canvas.TextWidth (ParamsListView.Items[I].Caption) >
    MaxWidth then MaxWidth := ParamsListView.Canvas.TextWidth
      (ParamsListView.Items[I].Caption);
ParamsListView.Columns[0].Width := MaxWidth + 8;
UpdateStatus ('');
end;

function ExtractFirstBranchNo (const Branches: string): string;
begin
  Result := Copy (Branches, 1, Pos (' ', Branches) - 1);
end;

function ExtractFullObjectNo (const ObjectCaption: string): string;
begin
  Result := Copy (ObjectCaption, 1, Pos ('. ', ObjectCaption) - 1);
end;

function ExtractObjectName (const ObjectCaption: string): string;
begin
  Result := Copy (ObjectCaption, Pos ('. ', ObjectCaption) + 2, Length
    (ObjectCaption));
end;

function ExtractOwnObjectNo (const ObjectCaption: string): string;
begin
  Result := ExtractFullObjectNo (ObjectCaption);
  Result := Copy (Result, Pos ('.', Result) + 1, Length (Result));
end;

function ExtractParentObjectNo (const ObjectCaption: string): string;
begin
  Result := Copy (ObjectCaption, 1, Pos ('.', ObjectCaption) - 1);
end;

function ExtractSecondBranchNo (const Branches: string): string;
begin
  Result := Copy (Branches, Pos (' ', Branches) + 1, Length (Branches));
end;

procedure FillAdjacencyMatrix;

```

```

var
  ArrowData: PArrowData;
  BoxNode, TreeNode: TTreeNode;
  I, J: Integer;
  OutputArrows: TTreeNodesArray;
begin
  UpdateStatus ('Заполнение матрицы смежности орграфа');
  for I := 1 to AdjacencyStringGrid.ColCount - 1 do
    for J := 1 to AdjacencyStringGrid.RowCount - 1 do
      AdjacencyStringGrid.Cells[I,J] := '0';
  UpdateStatus ('Заполнение матрицы смежности орграфа: ' +
    'внешняя среда -> оконечные блоки');
  // Заполнение 1-й строки матрицы
  for I := 0 to ObjectsTreeView.Items[0].Count - 1 do
    begin
      TreeNode := ObjectsTreeView.Items[0].Item[I];
      if (TreeNode.ImageIndex = tiDiagram) or (TreeNode.ImageIndex = tiActivity)
        then Continue;
      ArrowData := TreeNode.Data;
      if (ArrowData^.SinkType = 'TUNNEL BORDER') or (ArrowData^.SinkType =
        'TUNNEL BOX') or (ArrowData^.SinkType = 'BORDER') then Continue;
      UpdateStatus ('Заполнение матрицы смежности орграфа: ' +
        'внешняя среда -> оконечные блоки: ' + TreeNode.Text);
      FollowArrowFurther (TreeNode, 1);
    end;
  UpdateStatus ('Заполнение матрицы смежности орграфа: ' +
    'оконечные блоки -> ...');
  // Заполнение остальных строк матрицы
  for I := 2 to AdjacencyStringGrid.RowCount - 1 do
    begin
      UpdateStatus ('Заполнение матрицы смежности орграфа: оконечный блок ' +
        AdjacencyStringGrid.Cells[0,I] + ' -> ... (' + IntToStr(I-1) + ' из ' +
        IntToStr(AdjacencyStringGrid.RowCount-2) + ')');
      BoxNode := FindModelObjectNo (ObjectsTreeView.Items,
        AdjacencyStringGrid.Cells[0,I]);
      SetLength (OutputArrows, 0);
      OutputArrows := FindBoxOutputArrows (BoxNode);
      for J := 0 to High (OutputArrows) do
        begin
          TreeNode := OutputArrows[J];
          ArrowData := TreeNode.Data;
          if (ArrowData^.SinkType = 'TUNNEL BORDER') or (ArrowData^.SinkType =
            'TUNNEL BOX') then Continue;
          FollowArrowFurther (TreeNode, I);
        end;
      end;
  end;

```

```

        end;
    end;
    UpdateStatus ('');
end;

procedure FillCoherencyMatrix;
var I, J: Integer;
begin
    UpdateStatus ('Заполнение матрицы связности (достижимости)');
    for I := 1 to CoherencyStringGrid.ColCount - 1 do
        for J := 1 to CoherencyStringGrid.RowCount - 1 do
            if ShortestStringGrid.Cells[I,J] = '0' then
                CoherencyStringGrid.Cells[I,J] := '0'
            else
                CoherencyStringGrid.Cells[I,J] := '1';
            UpdateStatus ('');
        end;
    end;

procedure FillRankMatrix (const SortDescending: Boolean);
var
    AMatrix, BMatrix: TMatrix;
    AMatrixSum, ARowSum, I, J, N: Integer;
    StringList: TStringList;
begin
    UpdateStatus ('Заполнение матрицы-вектора рангов');
    N := RankStringGrid.RowCount - 1;
    for I := 0 to N do for J := 1 to N do
        RankStringGrid.Cells[I,J] := AdjacencyStringGrid.Cells[I,J];
    SetLength (AMatrix, N, N);
    SetLength (BMatrix, N, N);
    for I := 1 to N do for J := 1 to N do
        begin
            AMatrix[I-1,J-1] := StrToInt(AdjacencyStringGrid.Cells[I,J]);
            BMatrix[I-1,J-1] := AMatrix[I-1,J-1];
        end;
    for I := 2 to 3 do AMatrix := MultiplySquareMatrices (AMatrix, BMatrix);
    AMatrixSum := 0;
    for I := 1 to N do for J := 1 to N do
        AMatrixSum := AMatrixSum + AMatrix[I-1,J-1];
    for I := 1 to N do
        begin
            ARowSum := 0;
            for J := 1 to N do ARowSum := ARowSum + AMatrix[I-1,J-1];
            RankStringGrid.Cells[1,I] := RealToStr (ARowSum/AMatrixSum);

```

```

end;
if SortDescending then
begin
  StringList := TStringList.Create;
  try
    for I := 1 to N do StringList.Add (RankStringGrid.Cells[1,I] + ' - ' +
      RankStringGrid.Cells[0,I]);
    StringList.Sort;
    for I := 1 to N do
      begin
        J := Pos (' - ', StringList[N-I]);
        RankStringGrid.Cells[0,I] := Copy (StringList[N-I], J + 3,
          Length (StringList[N-I]));
        RankStringGrid.Cells[1,I] := Copy (StringList[N-I], 1, J - 1);
      end;
    finally
      StringList.Free;
    end;
  end;
  UpdateStatus ('');
end;

procedure FillShortestMatrix;
var
  AMatrix, BMatrix: TMatrix;
  I, J, N, Nmax: Integer;
begin
  UpdateStatus ('Заполнение матрицы кратчайших путей');
  Nmax := ShortestStringGrid.ColCount - 1;
  for I := 1 to Nmax do for J := 1 to Nmax do
    ShortestStringGrid.Cells[I,J] := AdjacencyStringGrid.Cells[I,J];
  SetLength (AMatrix, Nmax, Nmax);
  SetLength (BMatrix, Nmax, Nmax);
  for I := 1 to Nmax do for J := 1 to Nmax do
    begin
      AMatrix[I-1,J-1] := StrToInt(ShortestStringGrid.Cells[I,J]);
      BMatrix[I-1,J-1] := AMatrix[I-1,J-1];
    end;
  for N := 2 to Nmax do
    begin
      UpdateStatus ('Заполнение матрицы кратчайших путей: проверка по ' +
        IntToStr(N) + '-й степени матрицы смежности (из ' + IntToStr(Nmax) +
        ' возможных)');
      AMatrix := MultiplySquareMatrices (AMatrix, BMatrix);
    end;
  end;
end;

```

```

    for I := 1 to Nmax do for J := 1 to Nmax do if (I <> J) and
        (ShortestStringGrid.Cells[I,J] = '0') and (AMatrix[I-1,J-1] > 0) then
            ShortestStringGrid.Cells[I,J] := IntToStr(N);
        end;
    UpdateStatus ('');
end;

function FindBoxOutputArrows (BoxNode: TTreeNode): TTreeNodesArray;
var
    ArrowData: PArrowData;
    BoxNo: string;
    DiagramNode, TreeNode: TTreeNode;
    I: Integer;
begin
    SetLength (Result, 0);
    BoxNo := ExtractOwnObjectNo (BoxNode.Text);
    DiagramNode := BoxNode.Parent;
    for I := 0 to DiagramNode.Count - 1 do
        begin
            TreeNode := DiagramNode.Item[I];
            if (TreeNode.ImageIndex = tiDiagram) or (TreeNode.ImageIndex =
                tiActivity) then Continue;
            ArrowData := TreeNode.Data;
            if (ArrowData^.SourceType = 'BOX') and (Copy (ArrowData^.SourceData, 1, 2)
                = BoxNo + '0') then
                begin
                    SetLength (Result, Length (Result) + 1);
                    Result[High(Result)] := TreeNode;
                end;
        end;
    end;
end;

function FindDiagramArrowName (DiagramNode: TTreeNode; const ArrowName,
    SourceType: string): TTreeNode;
var
    ArrowData: PArrowData;
    CurrArrowName: string;
    I: Integer;
    TreeNode: TTreeNode;
begin
    Result := nil;
    for I := 0 to DiagramNode.Count - 1 do
        begin
            TreeNode := DiagramNode.Item[I];

```

```

if (TreeNode.ImageIndex = tiDiagram) or (TreeNode.ImageIndex =
    tiActivity) then Continue;
CurrArrowName := ExtractObjectName (TreeNode.Text);
ArrowData := TreeNode.Data;
if (CurrArrowName = ArrowName) and (ArrowData^.SourceType = SourceType)
    then
    begin
        Result := TreeNode;
        Exit;
    end;
end;
end;
end;

```

```

function FindDiagramArrowNo (DiagramNode: TTreeNode; const ArrowNo: string):
    TTreeNode;
var
    CurrArrowNo: string;
    I: Integer;
    TreeNode: TTreeNode;
begin
    Result := nil;
    for I := 0 to DiagramNode.Count - 1 do
        begin
            TreeNode := DiagramNode.Item[I];
            if (TreeNode.ImageIndex = tiDiagram) or (TreeNode.ImageIndex =
                tiActivity) then Continue;
            CurrArrowNo := ExtractOwnObjectNo (TreeNode.Text);
            if CurrArrowNo = ArrowNo then
                begin
                    Result := TreeNode;
                    Exit;
                end;
        end;
    end;
end;
end;

```

```

function FindDiagramBoxNo (DiagramNode: TTreeNode; const BoxNo: string):
    TTreeNode;
var
    CurrBoxNo: string;
    I: Integer;
    TreeNode: TTreeNode;
begin
    Result := nil;
    for I := 0 to DiagramNode.Count - 1 do

```

```

begin
  TreeNode := DiagramNode.Item[I];
  if (TreeNode.ImageIndex = tiDiagram) or (TreeNode.ImageIndex =
    tiPrecedence) then Continue;
  CurrBoxNo := ExtractOwnObjectNo (TreeNode.Text);
  if CurrBoxNo = Copy (BoxNo, 1, 1) then
    begin
      Result := TreeNode;
      Exit;
    end;
  end;
end;
end;

function FindDiagramBranchesOf (ArrowNode: TTreeNode): TTreeNodesArray;
var
  ArrowData: PArrowData;
  ArrowName, CurrArrowName: string;
  DiagramNode, TreeNode: TTreeNode;
  I: Integer;
begin
  SetLength (Result, 0);
  ArrowName := ExtractObjectName (ArrowNode.Text);
  DiagramNode := ArrowNode.Parent;
  for I := 0 to DiagramNode.Count - 1 do
    begin
      TreeNode := DiagramNode.Item[I];
      if (TreeNode.ImageIndex = tiDiagram) or (TreeNode.ImageIndex =
        tiActivity) then Continue;
      CurrArrowName := ExtractObjectName (TreeNode.Text);
      ArrowData := TreeNode.Data;
      if (TreeNode <> ArrowNode) and (CurrArrowName = ArrowName) and
        (ArrowData^.SourceType = 'BRANCH') then
        begin
          SetLength (Result, Length (Result) + 1);
          Result[High(Result)] := TreeNode;
        end;
    end;
  end;
end;

function FindMatrixIndex (const BoxNo: string): Integer;
var I: Integer;
begin
  Result := -1;
  for I := 1 to AdjacencyStringGrid.ColCount - 1 do

```

```

if AdjacencyStringGrid.Cells[I,0] = BoxNo then
  begin
    Result := I;
    Exit;
  end;
end;

function FindModelObjectNo (TreeNodes: TTreeNodes; const ObjectNo: string):
  TTreeNode;
var I: Integer;
begin
  Result := nil;
  for I := 0 to TreeNodes.Count - 1 do
    if ExtractFullObjectNo (TreeNodes[I].Text) = ObjectNo then
      begin
        Result := TreeNodes[I];
        Exit;
      end;
  end;
end;

procedure FollowArrowFurther (ArrowNode: TTreeNode; const SourceBox:
  Integer);
var
  ArrowData: PArrowData;
  ArrowName, ArrowNo1, ArrowNo2: string;
  ArrowNode1, ArrowNode2, BoxNode, DiagramNode: TTreeNode;
begin
  ArrowData := ArrowNode.Data;
  if ArrowData^.SinkType = 'BORDER' then
    begin
      DiagramNode := ArrowNode.Parent;
      ArrowName := ExtractObjectName (ArrowNode.Text);
      FollowBorderUp (DiagramNode, ArrowName, SourceBox);
    end
  else if ArrowData^.SinkType = 'BOX' then
    begin
      BoxNode := FindDiagramBoxNo (ArrowNode.Parent, ArrowData^.SinkData);
      ArrowName := ExtractObjectName (ArrowNode.Text);
      FollowBoxDown (BoxNode, ArrowName, SourceBox);
    end
  else if ArrowData^.SinkType = 'BRANCH' then
    begin
      ArrowNo1 := ExtractFirstBranchNo (ArrowData^.SinkData);
      ArrowNode1 := FindDiagramArrowNo (ArrowNode.Parent, ArrowNo1);
    end
  end;
end;

```

```

    FollowArrowFurther (ArrowNode1, SourceBox);
    ArrowNo2 := ExtractSecondBranchNo (ArrowData^.SinkData);
    ArrowNode2 := FindDiagramArrowNo (ArrowNode.Parent, ArrowNo2);
    FollowArrowFurther (ArrowNode2, SourceBox);
end
else if ArrowData^.SinkType = 'JOIN' then
begin
    ArrowNode1 := FindDiagramArrowNo (ArrowNode.Parent, ArrowData^.SinkData);
    FollowArrowFurther (ArrowNode1, SourceBox);
end;
end;

procedure FollowBorderUp (DiagramNode: TTreeNode; const ArrowName:
    string; const SourceBox: Integer);
var
    ArrowBranches: TTreeNodeArray;
    ArrowData: PArrowData;
    ArrowNode: TTreeNode;
    DiagramNo: string;
    I: Integer;
begin
    DiagramNo := ExtractFullObjectNo (DiagramNode.Text);
    if DiagramNo = 'A-0' then
        AdjacencyStringGrid.Cells[1,SourceBox] := '1'
    else
        begin
            ArrowNode := FindDiagramArrowName (DiagramNode.Parent, ArrowName, 'BOX');
            ArrowData := ArrowNode.Data;
            if (ArrowData^.SinkType <> 'TUNNEL BORDER') and (ArrowData^.SinkType
                <> 'TUNNEL BOX') then FollowArrowFurther (ArrowNode, SourceBox);
            SetLength (ArrowBranches, 0);
            ArrowBranches := FindDiagramBranchesOf (ArrowNode);
            for I := 0 to High (ArrowBranches) do
                FollowArrowFurther (ArrowBranches[I], SourceBox);
            end;
        end;
    end;

procedure FollowBoxDown (BoxNode: TTreeNode; const ArrowName: string;
    const SourceBox: Integer);
var
    ArrowBranches: TTreeNodeArray;
    ArrowData: PArrowData;
    ArrowNode, DiagramNode: TTreeNode;
    BoxData: PBoxData;

```

```

BoxNo: string;
I: Integer;
begin
  BoxData := BoxNode.Data;
  if BoxData^.Decomposition = '' then
    begin
      BoxNo := ExtractFullObjectNo (BoxNode.Text);
      I := FindMatrixIndex (BoxNo);
      AdjacencyStringGrid.Cells[I,SourceBox] := '1';
    end
  else
    begin
      DiagramNode := FindModelObjectNo (ObjectsTreeView.Items,
        BoxData^.Decomposition);
      ArrowNode := FindDiagramArrowName (DiagramNode, ArrowName, 'BORDER');
      ArrowData := ArrowNode.Data;
      if (ArrowData^.SinkType <> 'TUNNEL BORDER') and (ArrowData^.SinkType <>
        'TUNNEL BOX') or (ArrowData^.SinkType <> 'BORDER') then
        FollowArrowFurther (ArrowNode, SourceBox);
      SetLength (ArrowBranches, 0);
      ArrowBranches := FindDiagramBranchesOf (ArrowNode);
      for I := 0 to High (ArrowBranches) do
        FollowArrowFurther (ArrowBranches[I], SourceBox);
      end;
    end;
end;

procedure GenerateEndActivitiesList (ShowNames: Boolean);
var
  Activity: string;
  I: Integer;
begin
  UpdateStatus ('Генерация списка окончных блоков');
  LeavesMemo.Lines.Clear;
  Activity := '0';
  if ShowNames then Activity := Activity + '. Внешняя среда';
  LeavesMemo.Lines.Add (Activity);
  for I := 0 to ActivitiesTreeView.Items.Count - 1 do
    if ActivitiesTreeView.Items[I].HasChildren = False then
      begin
        Activity := ActivitiesTreeView.Items[I].Text;
        if not ShowNames then Activity := ExtractFullObjectNo (Activity);
        LeavesMemo.Lines.Add (Activity)
      end;
  end;
  UpdateStatus ('');

```

```

end;

function IsDiagramName (const ObjectCaption: string): Boolean;
begin
  Result := Pos ('.', ExtractFullObjectNo (ObjectCaption)) = 0;
end;

function MultiplySquareMatrices (const AMatrix, BMatrix: TMatrix): TMatrix;
var I, J, K, Nmax: Integer;
begin
  Nmax := Length (AMatrix);
  SetLength (Result, Nmax, Nmax);
  for I := 0 to Nmax - 1 do for J := 0 to Nmax - 1 do
    begin
      Result[I,J] := 0;
      for K := 0 to Nmax - 1 do
        Result[I,J] := Result[I,J] + AMatrix[I,K] * AMatrix[K,J];
      end;
    end;
  end;
end;

procedure ParseIDLFile (const FileName: string);
var
  ArrowData: PArrowData;
  ActivityNode, DiagramNode, ObjectNode: TTreeNode; ArrowName, ArrowNo,
  ArrowSink, ArrowSource, ArrowTSink, ArrowTSource, BoxName, BoxNo,
  DiagramName, DiagramNo, IDLLine, ParentBoxNo, ParentDiagramNo: string;
  BoxData: PBoxData;
  IDLFile: TextFile;
  InsideArrow, InsideBox, InsideDiagram: Boolean;
begin
  UpdateStatus ('Разбор IDL-файла IDEF0-модели');
  ActivitiesTreeView.Items.Clear;
  DiagramsTreeView.Items.Clear;
  DiagramNode := nil;
  ObjectNode := nil;
  AssignFile (IDLFile, FileName);
  Reset (IDLFile);
  BoxData := nil;
  InsideDiagram := False;
  InsideBox := False;
  InsideArrow := False;
  while not EOF (IDLFile) do
    begin
      ReadLn (IDLFile, IDLLine);

```

```

// Разбор узла диаграммы
if InsideDiagram then
    InsideDiagram := Pos ('ENDDIAGRAM', IDLLine) = 0
else
    InsideDiagram := Pos ('DIAGRAM GRAPHIC', IDLLine) <> 0;
if InsideDiagram then
    begin
        if Pos ('DIAGRAM GRAPHIC', IDLLine) <> 0 then
            begin
                DiagramNo := Copy (IDLLine, 21, Length (IDLLine));
                Delete (DiagramNo, Length (DiagramNo) - 1, 2);
                DiagramName := DiagramNo + '. ' + ReadIDLObjectName (IDLFile,
                    'TITLE');
                UpdateStatus ('Разбор IDL-файла IDEF0-модели: ' + DiagramName);
                // Добавление узла диаграммы в дерево модели
                if ObjectNode = nil then
                    ParentDiagramNo := ''
                else
                    ParentDiagramNo := ExtractParentObjectNo (ObjectNode.Text);
                if (ParentDiagramNo <> '') and (ParentDiagramNo <> 'A-0') and
                    (ParentDiagramNo <> 'A0') then
                    if Length (ParentDiagramNo) = Length (DiagramNo) then
                        ObjectNode := ObjectNode.Parent
                    else if Length (ParentDiagramNo) > Length (DiagramNo) then
                        ObjectNode := ObjectNode.Parent.Parent;
                ObjectNode := ObjectsTreeView.Items.AddChild
                    (ObjectNode, DiagramName);
                ObjectNode.ImageIndex := tiDiagram;
                ObjectNode.SelectedIndex := ObjectNode.ImageIndex;
                if ObjectNode.Parent <> nil then
                    ObjectNode.Parent.Expand (True);
                // Добавление узла диаграммы в дерево диаграмм
                if DiagramNode = nil then
                    ParentDiagramNo := ''
                else
                    ParentDiagramNo := ExtractParentObjectNo (DiagramNode.Text);
                if (ParentDiagramNo <> '') and (ParentDiagramNo <> 'A-0') and
                    (ParentDiagramNo <> 'A0') then
                    if Length (ParentDiagramNo) = Length (DiagramNo) then
                        DiagramNode := DiagramNode.Parent
                    else if Length (ParentDiagramNo) > Length (DiagramNo) then
                        DiagramNode := DiagramNode.Parent.Parent;
                DiagramNode := DiagramsTreeView.Items.AddChild
                    (DiagramNode, DiagramName);

```

```

DiagramNode.ImageIndex := tiDiagram;
DiagramNode.SelectedIndex := DiagramNode.ImageIndex;
if DiagramNode.Parent <> nil then
    DiagramNode.Parent.Expand (True);
Continue;
end;
// Разбор узла блока
if InsideBox then
    InsideBox := Pos ('ENDBOX', IDLLine) = 0
else
    InsideBox := Pos ('BOX', IDLLine) = 7;
if InsideBox and (Pos ('BOX', IDLLine) = 7) then
begin
    BoxNo := DiagramNo + '.' + Copy (IDLLine, 11, Length (IDLLine));
Delete (BoxNo, Length (BoxNo) - 1, 2);
BoxName := BoxNo + '. ' + ReadIDLObjectName (IDLFile, 'NAME');
UpdateStatus ('Разбор IDL-файла IDEF0-модели: ' + BoxName);
// Добавление узла блока в дерево модели
ObjectNode := ObjectsTreeView.Items.AddChild
    (ObjectNode, BoxName);
ObjectNode.ImageIndex := tiActivity;
ObjectNode.SelectedIndex := ObjectNode.ImageIndex;
New (BoxData);
BoxData^.Decomposition := '';
ObjectNode.Data := BoxData;
if ObjectNode.Parent <> nil then
begin
    ObjectNode.Parent.Expand (True);
    ObjectNode := ObjectNode.Parent;
end;
// Добавление узла блока в дерево блоков
if BoxNo = 'A-0.0' then
    ParentBoxNo := ''
else if Copy (BoxNo, 1, 3) = 'A0.' then
    ParentBoxNo := 'A-0.0'
else if Copy (BoxNo, 3, 1) = '.' then
    ParentBoxNo := 'A0.' + Copy (BoxNo, 2, 1)
else
    ParentBoxNo := Copy (BoxNo, 1, Pos ('.', BoxNo) - 2) + '.' +
        Copy (BoxNo, Pos ('.', BoxNo) - 1, 1);
ActivityNode := FindModelObjectNo (ActivitiesTreeView.Items,
    ParentBoxNo);
ActivityNode := ActivitiesTreeView.Items.AddChild
    (ActivityNode, BoxName);

```

```

ActivityNode.ImageIndex := tiActivity;
ActivityNode.SelectedIndex := ActivityNode.ImageIndex;
if ActivityNode.Parent <> nil then
    ActivityNode.Parent.Expand (True);
Continue;
end;
if InsideBox and (Pos ('DETAIL REFERENCE N', IDLLine) <> 0) then
begin
    BoxData^.Decomposition := Copy (IDLLine, Pos ('DETAIL REFERENCE N',
        IDLLine) + Length ('DETAIL REFERENCE N') + 1, Length (IDLLine));
    Delete (BoxData^.Decomposition, Length (BoxData^.Decomposition) -
        1, 2);
end;
// Разбор узла стрелки
if InsideArrow then
    InsideArrow := Pos ('ENDSEG', IDLLine) = 0
else
    InsideArrow := Pos ('ARROWSEG', IDLLine) = 7;
if InsideArrow and (Pos ('ARROWSEG', IDLLine) = 7) then
begin
    ArrowNo := DiagramNo + '.' + Copy (IDLLine, 16, Length (IDLLine));
    Delete (ArrowNo, Length (ArrowNo) - 1, 2);
    ArrowSource := ReadIDLArrowParam (IDLFile, 'SOURCE');
    ArrowName := ArrowNo + '. ' + ReadIDLObjectName (IDLFile, 'LABEL');
    ArrowSink := ReadIDLArrowParam (IDLFile, 'SINK');
    UpdateStatus ('Разбор IDL-файла IDEF0-модели: ' + ArrowName);
    // Добавление узла стрелки в дерево модели
    ObjectNode := ObjectsTreeView.Items.AddChild
        (ObjectNode, ArrowName);
    ObjectNode.ImageIndex := tiPrecedence;
    ObjectNode.SelectedIndex := ObjectNode.ImageIndex;
    New (ArrowData);
    SplitArrowParam (ArrowSource, ArrowTSource);
    SplitArrowParam (ArrowSink, ArrowTSink);
    ArrowData^.SourceType := ArrowTSource;
    ArrowData^.SourceData := ArrowSource;
    ArrowData^.SinkType := ArrowTSink;
    ArrowData^.SinkData := ArrowSink;
    ObjectNode.Data := ArrowData;
    if ObjectNode.Parent <> nil then
        begin
            ObjectNode.Parent.Expand (True);
            ObjectNode := ObjectNode.Parent;
        end;
end;

```

```

        end;
    end;
end;
CloseFile (IDLFile);
ObjectsTreeView.CustomSort (@CustomSortProc, 0);
DiagramsTreeView.Items.AlphaSort (True);
ActivitiesTreeView.Items.AlphaSort (True);
UpdateStatus ('');
end;

function ReadIDLArrowParam (var IDLFile: TextFile; const ArrowParam: string):
    string;
var IDLLine: string;
begin
    repeat ReadLn (IDLFile, IDLLine) until Pos (ArrowParam, IDLLine) <> 0;
    Result := Copy (IDLLine, Pos (ArrowParam, IDLLine) + Length (ArrowParam) + 1,
        Length (IDLLine));
    if Pos ('(', Result) = 0 then
        Delete (Result, Length (Result) - 1, 2)
    else
        Delete (Result, Pos ('(', Result) - 1, Length (Result));
end;

function ReadIDLObjectName (var IDLFile: TextFile; const NameType: string):
    string;
var
    I: Integer;
    IDLLine: string;
begin
    repeat ReadLn (IDLFile, IDLLine) until Pos (NameType, IDLLine) <> 0;
    if Pos ('}', IDLLine) <> 0 then
        Result := Copy (IDLLine, Pos ('}', IDLLine) + 1, Length (IDLLine))
    else
        Result := Copy (IDLLine, Pos ('''', IDLLine) + 1, Length (IDLLine));
    while Copy (Result, Length (Result) - 2, 3) <> ''' ;' do
        begin
            ReadLn (IDLFile, IDLLine);
            Result := Result + IDLLine;
        end;
    Delete (Result, Length (Result) - 2, 3);
    Result := StringReplace (Result, '<CR>', ' ', [rfReplaceAll]);
    repeat
        I := Pos ('- ', Result);
        if (I <> 0) and (Copy (Result, I - 1, 1) <> ' ') then

```

```

    Result := Copy (Result, 1, I) + Copy (Result, I + 2, Length (Result))
else
    Break;
until False;
end;

procedure SplitArrowParam (var ArrowData, ArrowType: string);
const ArrowTypes: array [1..6] of string = ('TUNNEL BORDER', 'TUNNEL BOX',
    'BORDER', 'BOX', 'BRANCH', 'JOIN');
var I: Integer;
begin
    ArrowType := '';
    for I := 1 to High (ArrowTypes) do if Pos (ArrowTypes[I], ArrowData) <> 0 then
        begin
            ArrowType := ArrowTypes[I];
            Delete (ArrowData, 1, Length (ArrowTypes[I]) + 1);
        end;
    end;
end;

ParseIDLFile (FilenameEdit.Text); // Разбор IDL-файла IDEF0-модели
GenerateEndActivitiesList (NamesCheckBox.Checked); // Генерация списка оконеч. блоков
BuildOrgraphMatrices; // Построение матриц, описывающих оргграф
FillAdjacencyMatrix; // Заполнение матрицы смежности оргграфа
FillShortestMatrix; // Заполнение матрицы кратчайших путей
FillCoherencyMatrix; // Заполнение матрицы связности (достижимости)
FillRankMatrix (SortCheckBox.Checked); // Заполнение матрицы-вектора рангов
CalculateOrgraphParams; // Расчёт параметров оргграфа

```

**ПРИЛОЖЕНИЕ Е. АКТЫ ВНЕДРЕНИЯ**



