

ПРИКЛАДНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.02; 311.21

Н.И. Петкевич

**АНАЛИЗ УРОВНЯ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Рассматривается задача проведения и подведения итогов мониторинга применения информационных технологий (ИТ) в процессе конструкторской разработки машиностроительной продукции. Дается описание анкеты, на базе которой проводился опрос инженерных служб промышленных предприятий. Предлагается аналитический метод обработки полученных данных на основе формирования и преобразования матрицы идентификации предприятия. Приводится описание алгоритма для классификации предприятий по применению ИТ в процессе разработки новых видов продукции.

Введение

Для быстрой и качественной разработки новых видов продукции и успешного управления производственно-хозяйственной деятельностью предприятия активно используются современные ИТ на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) изделия. ИТ владеют инструментарием, который позволяет представлять все разнообразие производственных данных в электронном виде и эффективно ими управлять [1].

На этапе конструирования с помощью ИТ разрабатываются электронные модели будущего изделия, которые дают точное и однозначное представление о геометрии изделия и структуре его компонентов. Эти модели используются при выполнении различных видов инженерного анализа изделий, что позволяет на этапе конструкторской разработки исследовать поведение изделия или его компонентов [2] в условиях эксплуатации и изменить выявленные опасные зоны до начала производства [3], таким образом повышая качество изделия и сокращая сроки его постановки на производство. На базе электронной модели структуры изделия и его компонентов возможна автоматическая генерация различных конструкторских и технологических спецификаций, применяемых при планировании и управлении производством. Эти модели используются при создании технических руководств [4] и различных каталогов выпускаемой продукции и запасных частей, что способствует удовлетворению запросов потребителей и обеспечивает хороший имидж предприятию.

Таким образом, применение ИТ на этапе конструирования новых изделий напрямую определяет долгосрочные возможности предприятия по повышению конкурентоспособности выпускаемой продукции.

Являясь средством уменьшения затрат и получения конкурентных преимуществ, ИТ, используемые на этапе конструирования, нуждаются в постоянном контроле, развитии и совершенствовании [5]. Для этого необходимо периодически проводить мониторинг применения ИТ на этапе конструирования [6], определяя уровень информатизации проектных работ, и с учетом его результатов разрабатывать стратегию внедрения новейших достижений науки и техники для информационной поддержки процессов проектирования и запуска в производство новых изделий.

В настоящей статье предложен подход к проведению мониторинга на основе анкетирования конструкторских служб промышленных предприятий, описаны критерии ранжирования и метод обработки результатов мониторинга информатизации процессов проектирования новых изделий.

1. Подготовка данных для анализа уровня информатизации процессов проектирования

Для проведения мониторинга информатизации процессов проектирования на промышленных предприятиях были разработаны анкеты, содержащие перечень вопросов относительно этапности выполнения проектных работ, способов разработки, хранения и использования кон-

структурной документации (КД), применения процессного подхода. Анализ сведений, приведенных в данных анкетах, позволяет получить информацию об автоматизации этапов разработки новых видов продукции и используемых системах автоматизации. Это дает возможность выявить основные проблемы, препятствующие реструктуризации процесса конструирования новых видов продукции на основе принципов CALS-технологии, и наметить пути их решения. К принципам CALS-технологии на этапе ЖЦ конструирования относится [7]:

- представление данных в электронном виде;
- централизованное хранение данных в электронном архиве;
- выделение бизнес-процессов разработки/модернизации/модификации выпускаемых изделий, их описание и нормативное закрепление в стандартах предприятия;
- интеграция этапа конструирования с другими этапами ЖЦ посредством взаимосвязи бизнес-процессов и обмена электронными данными.

Анкета «Конструирование» представляет собой перечень вопросов специалистам конструкторских служб предприятий с предлагаемыми вариантами ответов.

Упомянутые в вопросе 1 «Какие этапы разработки новых видов продукции выполняются с использованием систем автоматизации?» этапы разработки новых видов продукции соответствуют ГОСТ 2.103 и СТБ 972. Ответы на этот вопрос позволяют оценить возможность создания бизнес-процессов этапа конструкторской разработки новых и совершенствования выпускаемых видов продукции.

Обозначим совокупность этапов разработки новых видов продукции

$$ETAP = \bigcup_{i=1}^N T_i,$$

где T_i – этап разработки;

N – число этапов разработки.

Для каждого T_i могут быть выбраны следующие варианты ответов:

- «Этап не автоматизирован»;
- «Этап частично автоматизирован»;
- «Этап автоматизирован».

При ответе на вопрос 2 «Какое программное обеспечение (ПО) используется для разработки новых видов продукции в электронном виде?» для каждого этапа из предыдущего вопроса указывается ПО, применяемое при выполнении работ на данном этапе. Эти сведения позволяют определить, каким ПО поддерживается процесс проектирования новых изделий, и сделать вывод о достаточности данного ПО для создания бизнес-процессов конструкторской разработки новых и совершенствования выпускаемых видов продукции.

При ответе на вопрос 3 «Каким образом конструкторские данные передаются на следующие этапы жизненного цикла изделия?» указывается, в каком виде конструкторские данные передаются на следующие этапы ЖЦ изделия. Это позволяет определить готовность к организации бизнес-процессов этапа конструирования новых изделий.

Обозначим совокупность конструкторских данных, передаваемых на следующие этапы ЖЦ изделия, как

$$KD = \bigcup KD_i,$$

где KD_i – организационно-распорядительные документы, спецификации, чертежи, электронные модели и сборки.

Для каждого KD_i могут быть выбраны следующие виды передачи на другие этапы ЖЦ изделия:

- 1) «Бумажный вид»;
- 2) «PDM-система»;
- 3) «Система класса ERP/MRP»;
- 4) «Другое»

или комбинации этих значений.

При ответе на вопрос 4 «Как организовано хранение документации, получаемой в процессе разработки новых видов продукции?» указывается вариант формы хранения документации, получаемой в процессе разработки новых видов продукции. Это позволяет сделать выводы о наличии электронных архивов, их наполняемости и использовании в процессе разработки новых изделий, а также определить готовность к организации бизнес-процессов этапа конструирования новых изделий.

Обозначим документацию, получаемую в процессе разработки новых видов, как

$$KDoc = \bigcup KDoc_i,$$

где $KDoc_i$ – организационно-распорядительные документы, спецификации, чертежи, электронные модели и сборки, программы и методики испытаний, результаты инженерного анализа, извещения на изменения.

Для каждого $KDoc_i$ могут быть выбраны следующие способы хранения КД:

- 1) «Бумажный архив»;
- 2) «Хранилище на ПК разработчика либо электронный носитель»;
- 3) «Электронный архив в составе PDM-системы»;
- 4) «Электронный архив в составе КИС»;
- 5) «Другое»

или комбинации этих значений.

2. Критерии определения уровня информатизации процессов конструкторской разработки новых и совершенствования выпускаемых видов продукции

Для оценки информатизации процесса конструирования новых и совершенствования выпускаемых видов продукции на конкретном предприятии и по отраслям в целом разработаны следующие критерии:

Критерий 1. *Автоматизация этапов разработки новых видов продукции.* Критерий может принимать значения: «Этап(ы) не автоматизирован(ы)», «Этап(ы) частично автоматизирован(ы)», «Этап(ы) автоматизирован(ы)» или комбинации этих значений. Значение критерия определяется на основании ответов на вопрос 1 анкеты «Конструирование».

Критерий 1 := «Этап(ы) не автоматизирован(ы)», если для всех T_i выбран ответ «Этап не автоматизирован».

Критерий 1 := «Этап(ы) автоматизирован(ы) частично», если для всех T_i выбран ответ «Этап автоматизирован частично».

Критерий 1 := «Этап(ы) автоматизирован(ы)», если для всех T_i выбран ответ «Этап автоматизирован».

Критерий 1 принимает комбинированные значения, если для $T_i, i=1, \dots, N$, выбраны различные ответы.

Критерий 2. *Наличие ПО для разработки новых видов продукции в электронном виде.* Критерий может принимать значения «Присутствует», «Отсутствует». Значение критерия определяется на основании ответов на вопрос 2 анкеты «Конструирование».

Критерий 2 := «Присутствует», если в анкете «Конструирование» указано ПО.

Критерий 2 := «Отсутствует», если в анкете «Конструирование» не указано ПО.

Критерий 3. *Способ передачи конструкторских данных на следующие этапы ЖЦ изделия.* Критерий может принимать значения «Бумажный вид», «PDM-система», «Система класса ERP/MRP», «Другое» или комбинации этих значений. Значение критерия определяется на основании ответов на вопрос 3 анкеты «Конструирование».

Критерий 3 := «Бумажный вид», если для всех KD_i выбран вид 1 (разд. 1).

Критерий 3 := «PDM-система», если для всех KD_i выбран вид 2 (разд. 1).

Критерий 3 := «Система класса ERP/MRP», если для всех KD_i выбран вид 3 (разд. 1).

Критерий 3 := «Другое», если для всех KD_i в анкете выбран вид 4 (разд. 1).

Критерий 3 принимает комбинированные значения, если для KD_i выбраны различные виды передачи на другие этапы ЖЦ изделия.

Критерий 4. Способ хранения КД. Критерий может принимать значения «Бумажный архив», «Хранилище на ПК разработчика либо электронный носитель», «Электронный архив в составе PDM-системы», «Электронный архив в составе КИС», «Другое» или комбинации этих значений. Значение критерия определяется на основании ответов на вопрос 4 анкеты конструирования.

Критерий 4 := «Бумажный архив», если для всех KD_i выбран способ 1 (разд. 1).

Критерий 4 := «Хранилище на ПК разработчика либо электронный носитель», если для всех $KDoc_i$ выбран способ 2 (см. разд. 1).

Критерий 4 := «Электронный архив в составе PDM-системы», если для всех $KDoc_i$ выбран способ 3 (см. разд. 1).

Критерий 4 := «Электронный архив в составе КИС», если для всех $KDoc_i$ в анкете выбран способ 4 (см. разд. 1).

Критерий 4 := «Другое», если для всех $KDoc_i$ в анкете выбран способ 5 (см. разд. 1).

Критерий 4 принимает комбинированные значения, если для $KDoc_i$ выбраны различные способы хранения.

Критерий 5. Обеспеченность конструкторских служб предприятия компьютерами. Критерий может принимать значения «Присутствует», «Отсутствует». Значение критерия определяется на основании ответов на вопрос 2 анкеты «ПЭВМ».

Критерий 5 := «Присутствует», если в анкете указано наличие компьютеров.

Критерий 5 := «Отсутствует», если в анкете не указано наличие компьютеров.

Критерий 6. Включенность конструкторских служб в информационную сеть предприятия. Критерий может принимать значения: «Отсутствует», «Подключение к локальной сети», «Подключение к общезаводской сети» или комбинации этих значений. Значение критерия определяется на основании ответов на вопрос 3 анкеты «ПЭВМ».

Критерий 6 := «Подключение к локальной сети», если в анкете указано, что конструкторские службы подключены к локальной сети.

Критерий 6 := «Подключение к общезаводской сети», если в анкете указано, что конструкторские службы подключены к общезаводской сети.

Критерий 6 := «Отсутствует», если в анкете не указано подключение конструкторских служб к локальной или общезаводской сети.

Критерий 6 принимает комбинированные значения, если в анкете отмечены разные значения.

Критерий 7. Наличие электронного документооборота в конструкторских службах предприятия. Критерий может принимать значения «Присутствует», «Отсутствует». Значение критерия определяется на основании ответов на вопрос 1 анкеты «Документооборот».

Критерий 7 := «Присутствует», если в анкете указано наличие электронного документооборота (ЭД).

Критерий 7 := «Отсутствует», если в анкете не указано наличие ЭД.

Критерий 8. Включенность КД в электронный документооборот предприятия. Критерий может принимать значения «Присутствует», «Отсутствует». Значение критерия определяется на основании ответов на вопрос 2 анкеты «Документооборот».

Критерий 8 := «Присутствует», если в анкете отмечено использование КД в ЭД предприятия.

Критерий 8 := «Отсутствует», если в анкете не отмечено использование КД в ЭД предприятия.

3. Классификация предприятий по уровню информатизации конструкторских процессов

Предлагается принять следующую классификацию предприятий в зависимости от уровня информатизации процесса конструирования:

Класс 1 – отсутствие информатизации процесса конструирования.

Класс 2 – автоматизация некоторых этапов процесса конструирования, наличие электронных форм представления КД.

Класс 3 – автоматизация некоторых этапов процесса конструирования, наличие электронного архива.

Класс 4 – автоматизация и нормативная поддержка бизнес-процессов этапа ЖЦ конструирования, наличие централизованного электронного архива.

Для выполнения классификации предприятий по уровню информатизации процессов конструирования разработана матрица идентификации (табл. 1). Графы таблицы заполняются на основании значений описанных выше критериев.

Строки 1–3 табл. 1 соответствуют критерию 1, строка 4 – критерию 2, строки 5–8 – критерию 3, строки 9–13 – критерию 4, строка 14 – критерию 5, строки 15 и 16 – критерию 6, строка 17 – критерию 7, строка 18 – критерию 8. Столбцы 1–4 соответствуют ответам на вопросы 1–4 анкеты «Конструирование», столбцы 5, 6 – ответам на вопросы 2, 3 анкеты ПЭВМ, столбцы 5, 6 – ответам на вопросы 1, 2 анкеты «Документооборот». При заполнении таблицы знаком «+» указывается наличие ответа в графах соответствующей анкеты. При значении любого критерия «Отсутствует» в таблицу заносится знак «-», «Присутствует» – знак «+».

Таблица 1

Матрица идентификации предприятий по применению ИТ при разработке новых изделий

Номер строки	Значение критерия	Номер столбца							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Этап(ы) не автоматизирован(ы)								
2	Этап(ы) частично автоматизирован(ы)								
3	Этап(ы) автоматизирован(ы)								
4	Наличие ПО								
5	Бумажный вид								
6	PDM-система								
7	Система класса ERP/MRP								
8	Другое								
9	Бумажный архив								
10	Хранилище на ПК разработчика либо электронный носитель								
11	Электронный архив в составе PDM-системы								
12	Электронный архив в составе КИС								
13	Другое								
14	Обеспеченность компьютерами								
15	Подключение к локальной сети								
16	Подключение к обще заводской сети								
17	Электронный документооборот								
18	Конструкторская документация								

Для предприятия с отсутствием информатизации процесса конструирования (*класс 1*) характерно выполнение работ без применения систем автоматизации проектной деятельности. При таком способе организации работ КД хранится в бумажном архиве, согласование выполняется по бумажным экземплярам. Автоматизированных бизнес-процессов нет, при этом на предприятии может быть система менеджмента качества в соответствии с ИСО 9001.

Для предприятий класса 1 (табл. 2) характерны следующие значения критериев:

Критерий 1 – «Этап(ы) не автоматизирован(ы)».

Критерий 2 – «Отсутствует».

Критерий 3 – «Бумажный вид».

Критерий 4 – «Бумажный архив».

Критерий 5 – «Присутствует» или «Отсутствует».

Критерий 6 – «Отсутствует».

Критерий 7 – «Отсутствует».

Критерий 8 – «Отсутствует».

Для предприятия с автоматизацией некоторых этапов процесса конструирования и наличием электронных форм представления КД (*класс 2*) характерно выполнение некоторых работ с применением систем автоматизации проектной деятельности (системы автоматизации могут быть как лицензионные, так и нелицензионные). КД (в виде чертежей) хранится в бумажном архиве. Электронные данные (трехмерные модели, электронные чертежи, результаты инженерного анализа), получаемые при таком способе проектирования, хранятся на ПК разработчика. При этом актуаль-

ность электронной КД может не соответствовать КД на бумажном носителе. Согласование КД выполняется по бумажным экземплярам. Автоматизированных бизнес-процессов нет, при этом на предприятии может быть система менеджмента качества в соответствии с ИСО 9001.

Для предприятий класса 2 (табл. 3) характерны следующие значения критериев:

Критерий 1 – «Этап(ы) не автоматизирован(ы)» и «Этап(ы) автоматизирован(ы) частично».

Критерий 2 – «Присутствует».

Критерий 3 – «Бумажный вид».

Критерий 4 – «Бумажный архив» и может присутствовать значение «Хранилище на ПК разработчика либо электронный носитель».

Критерий 5 – «Присутствует».

Критерий 6 – комбинация значений «Отсутствует», «Подключение к локальной сети», «Подключение к общезаводской сети».

Критерий 7 – «Отсутствует».

Критерий 8 – «Отсутствует».

Для предприятия с автоматизацией некоторых этапов процесса конструирования и наличием электронного архива (*класс 3*) характерно выполнение некоторых проектных работ с применением систем автоматизации проектной деятельности (системы автоматизации могут быть как лицензионные, так и нелицензионные). КД хранится как в бумажном архиве, так и в электронном. Утвержденная КД хранится в бумажном архиве. Электронные данные (трехмерные модели, электронные чертежи, результаты инженерного анализа), получаемые при таком способе проектирования, могут храниться на ПК разработчика и/или в электронном архиве в составе PDM-системы или системы класса ERP/MRP. При этом актуальность электронной КД может не соответствовать КД на бумажном носителе. Согласование КД выполняется как в бумажном виде, так и в электронном. Присутствует автоматизация некоторых бизнес-процессов, система менеджмента качества в соответствии с ИСО 9001.

Таблица 2

Матрица идентификации для предприятий класса 1

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	+							
2	-							
3	-							
4		-/+						
5			+					
6			-					
7			-					
8			-					
9				+				
10				-				
11				-				
12				-				
13				-				
14					+/-			
15						-		
16						-		
17							-	
18								-

Таблица 3

Матрица идентификации для предприятий класса 2

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	+							
2	+							
3	-							
4		+						
5			+					
6			-					
7			-					
8			-					
9				+				
10				+/-				
11				-				
12				-				
13				-				
14					+			
15						+/-		
16						+/-		
17							-	
18								-

Для предприятий класса 3 (табл. 4) характерны следующие значения критериев:

Критерий 1 – комбинации значений «Этап(ы) не автоматизирован(ы)», «Этап(ы) автоматизирован(ы) частично», «Этап(ы) автоматизирован(ы)».

Критерий 2 – «Присутствует».

Критерий 3 – комбинации значений «Бумажный вид», «PDM-система», «Система класса ERP/MRP», «Другое».

Критерий 4 – комбинации значений «Бумажный архив», «Хранилище на ПК разработчика либо электронный носитель», «Электронный архив в составе PDM-системы», «Электронный архив в составе КИС», «Другое».

Критерий 5 – «Присутствует».

Критерий 6 – «Отсутствует», «Подключение к локальной сети», «Подключение к обще-заводской сети».

Критерий 7 – «Присутствует».

Критерий 8 – «Присутствует».

Для предприятия с автоматизированными и нормативно поддерживаемыми бизнес-процессами этапа ЖЦ конструирования, наличием централизованного электронного архива (*класс 4*) характерно выполнение проектных работ с применением систем автоматизации проектной деятельности (лицензионных). КД хранится в электронном архиве и может дублироваться хранением в бумажном архиве. При этом электронная КД является первичной по отношению к КД на бумажном носителе. Согласование КД выполняется в электронном виде. Присутствует автоматизация бизнес-процессов, система менеджмента качества сертифицирована в соответствии с ИСО 9001.

Для предприятий класса 4 (табл. 5) характерны следующие результаты анкетирования:

Критерий 1 – «Этап(ы) автоматизирован(ы)».

Критерий 2 – «Присутствует».

Критерий 3 – комбинации значений «PDM-система», «Система класса ERP/MRP», «Другое».

Критерий 4 – комбинации значений «Бумажный архив», «Электронный архив в составе PDM-системы», «Электронный архив в составе КИС», «Другое».

Критерий 5 – «Присутствует».

Критерий 6 – «Подключение к локальной сети» и/или «Подключение к общезаводской сети».

Критерий 7 – «Присутствует».

Критерий 8 – «Присутствует».

Таблица 4
Матрица идентификации для предприятий класса 3

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	+/-							
2	+/-							
3	+/-							
4		+						
5			+/-					
6			+/-					
7			+/-					
8			+/-					
9				+				
10				+/-				
11				+/-				
12				+/-				
13				+/-				
14					+			
15						+/-		
16						+/-		
17							+	
18								+

Таблица 5
Матрица идентификации для предприятий класса 4

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-							
2	-							
3	+							
4		+						
5			-					
6			+/-					
7			+/-					
8			+/-					
9				+				
10				-				
11				+/-				
12				+/-				
13				+/-				
14					+			
15						+/-		
16						+/-		
17							+	
18								+

4. Преобразование матрицы идентификации

Анкеты, используемые при анализе уровня информатизации процессов конструирования, в большинстве случаев заполнялись разными специалистами, обладающими разной квалификацией, владеющими разными знаниями и поэтому субъективно воспринимающими вопросы анкет. В ответах на вопросы может встречаться противоречивая информация, которая затрудняет выполнение классификации предприятий по уровню информатизации процесса проектирования.

В процессе обработки анкеты «Конструирование» выявлены следующие противоречия:

1) отсутствуют системы автоматизации, при этом отмечено хранение КД в электронном виде на ПК разработчика/электронном носителе и/или в электронном архиве PDM-системы или

системы класса ERP/MRP. В данном случае нет систем автоматизации разработки новых изделий и, следовательно, отсутствует КД в электронном виде. Вероятнее всего, при заполнении анкеты не отмечено наличие на предприятии нелегальных систем автоматизации конструкторской деятельности;

2) ни один из этапов процесса конструирования не автоматизирован, при этом в анкете «Документооборот» может быть отмечено наличие электронного документооборота в конструкторских службах. В данном случае отсутствует автоматизация на этапе проектирования новых изделий и, следовательно, электронного документооборота при разработке КД нет;

3) ни один из этапов процесса конструирования не автоматизирован, отсутствуют системы автоматизации, при этом отмечено хранение КД в электронном виде на ПК разработчика/электронном носителе или в электронном архиве PDM-системы или системы класса ERP/MRP. В данном случае отсутствует автоматизация на этапе проектирования новых изделий, нет систем автоматизации разработки новых изделий и, следовательно, не существует КД в электронном виде;

4) все данные хранятся в бумажном архиве, отсутствует автоматизация на этапах проектирования. В данном случае отсутствуют системы разработки электронных данных и, следовательно, электронных архивов и электронного документооборота в конструкторских службах нет.

В связи с этим необходимо выполнить преобразования матрицы идентификации, чтобы она соответствовала одной из приведенных в разд. 3.

Матрицу идентификации обозначим $A = [a_{ij}]$, где $i = 1, \dots, 18$; $j = 1, \dots, 8$.

Чтобы устранить противоречие 1, выполним преобразование:

если $a_{4,2} = \langle - \rangle$, $a_{2,1} = \langle + \rangle$ и/или $a_{3,1} = \langle + \rangle$ и хотя бы один из элементов $a_{ij} = \langle + \rangle$, $i = 11, 12, 13$, $j = 4$, то $a_{4,2} := \langle + \rangle$.

Чтобы устранить противоречия 2 и 3, выполним преобразование:

если $a_{1,1} = \langle + \rangle$, $a_{i,1} = \langle - \rangle$, $i = 2, 3$; $a_{4,2} = \langle - \rangle$, то $a_{i,3} := \langle - \rangle$, $i = 6, 7, 8$; $a_{ij} := \langle - \rangle$, $i = 10, \dots, 13$; $j = 4$; $a_{17,7} := \langle - \rangle$, $a_{18,8} := \langle - \rangle$.

Чтобы устранить противоречие 4, выполним преобразование:

если $a_{9,4} = \langle + \rangle$, $a_{ij} = \langle - \rangle$, $i = 10, \dots, 13$, $j = 4$ и $a_{5,3} = \langle + \rangle$, $a_{i,3} := \langle - \rangle$, $i = 6, 7, 8$, то $a_{17,7} := \langle - \rangle$, $a_{18,8} := \langle - \rangle$.

Преобразованные матрицы идентификации позволяют однозначно выполнить классификацию предприятий в зависимости от уровня информатизации процесса конструирования.

5. Алгоритм классификации предприятий по применению ИТ на этапе ЖЦ конструирования изделия на основе матрицы идентификации

Исходными данными для выполнения классификации предприятий по применению ИТ на этапе ЖЦ конструирования изделия являются матрицы идентификации, сформированные на основе анкет и преобразованные в соответствии с правилами, которые описаны в разд. 3.

Алгоритм имеет следующий вид:

1. Если в конструкторских службах нет компьютеров: $a_{14,5} = \langle - \rangle$, то на предприятии отсутствует автоматизация и оно относится к классу 1, в противном случае перейти к п. 2.

2. Если нет систем автоматизации разработки новых изделий: $a_{4,2} = \langle - \rangle$, то на предприятии отсутствует разработка КД в электронном виде и оно относится к классу 1, в противном случае перейти к п. 3.

3. Если присутствует хранение КД в бумажном виде: $a_{9,4} = \langle + \rangle$ и отсутствует хранение КД в электронном виде: $a_{j,4} = \langle - \rangle$, $j = 10, 11, 12, 13$, то предприятие относится к классу 1, в противном случае перейти к п. 4.

4. Если отсутствует хранение КД в электронном архиве: $a_{j,4} = \langle - \rangle$, $j = 11, 12, 13$, и присутствует хранение КД на ПК разработчика: $a_{10,4} = \langle + \rangle$, отсутствует передача электронных данных с этапа конструирования на другие этапы ЖЦ в электронном виде: $a_{i,3} = \langle - \rangle$, $i = 6, 7, 8$, то предприятие относится к классу 2, в противном случае перейти к п. 5;

5. Если присутствует хранение КД в электронном архиве: хотя бы один из элементов $a_{4,j} = \langle + \rangle$, $j = 11, 12, 13$, и этапы проектирования новых изделий автоматизированы частично: $a_{1,2} = \langle + \rangle$ или $a_{1,1} = \langle + \rangle$ и $a_{1,2} = \langle - \rangle$, $a_{1,3} = \langle + \rangle$, присутствует передача электронных данных с

этапа конструирования на другие этапы ЖЦ в электронном виде: хотя бы один элемент $a_{i,3} = \langle + \rangle$, $i = 6, 7, 8$, то предприятие относится к классу 3, в противном случае перейти к п. 6.

6. Если присутствует хранение КД в электронном архиве: хотя бы один из элементов $a_{4,j} = \langle + \rangle$, $j = 11, 12, 13$, и этапы проектирования новых изделий автоматизированы: $a_{1,3} = \langle + \rangle$ и $a_{i,j} = \langle - \rangle$, $i = 1, j = 1, 2$, присутствует передача электронных данных с этапа конструирования на другие этапы ЖЦ только в электронном виде: хотя бы один элемент $a_{i,3} = \langle + \rangle$, $i = 6, 7, 8$, то предприятие относится к классу 4, в противном случае – к классу 3.

6. Итоги проведения анкетирования машиностроительных предприятий

Алгоритм классификации был применен к обработке анкет, полученных от 40 машиностроительных предприятий при проведении мониторинга создания и внедрения современных интегрированных информационных систем и технологий (ИИСТ) на промышленных предприятиях Республики Беларусь, который осуществлялся по поручению Межведомственной комиссии, утвержденной Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25.05.2010 № 790В.

Одной из методических основ для проведения мониторинга освоения современных ИИСТ на промышленных предприятиях Республики Беларусь послужили стандарты CobIT [8]. Концепция стандартов CobIT предполагает построение механизмов управления ИТ исходя из того, какая информация необходима для достижения бизнес-целей предприятия. При этом информация рассматривается как результат использования ИТ-ресурсов, управление которыми осуществляется в рамках бизнес-процессов.

На основе представленных в анкетах данных были сформированы матрицы идентификации, позволившие провести классификацию предприятий по применению ИТ на этапе ЖЦ конструирования изделия.

Из рис. 3 и 4 видно, что на 25 % опрошенных предприятий (класс 1) отсутствует информатизация процессов конструирования: выполнение проектных работ осуществляется без применения систем автоматизации (в анкетах некоторых предприятий указано отсутствие подобных систем).

На 47 % опрошенных предприятий (класс 2) имеется опыт разработки КД в электронном виде, при этом согласование и хранение КД выполняется по экземплярам на бумажном носителе.

На 25 % опрошенных предприятий (класс 3) при разработке КД используются системы автоматизации проектных работ, имеется опыт согласования КД в электронном виде и централизованного использования электронных архивов.

Только 3 % опрошенных предприятий активно используют ИТ в процессах разработки новой продукции.

Количество предприятий, у которых автоматизировано более 70 % этапов разработки новых видов продукции, составляет 18 %. Количество предприятий, у которых автоматизировано 20–60 % этапов разработки новых видов продукции, составляет 29 %. На 51 % предприятий конструкторские данные передаются на следующие этапы ЖЦ изделия в электронном виде, причем имеет место дублирование электронных документов бумажными. На 40 % предприятий организованы централизованные электронные архивы, которые дублируются бумажными и хранением информации на электронных носителях.

Из анализа результатов анкетирования следует, что отечественные предприятия отстают от мировых тенденций и недостаточно используют ИТ при разработке новых изделий.

Проведенный мониторинг показал, что процессы коллективной разработки, согласования и утверждения документов занимают много времени, так как документы, имеющие хождение между различными подразделениями в ходе бизнес-процесса проектирования новых изделий, по-прежнему выводятся на бумагу. Не используются средства, обеспечивающие продвижение электронных документов и заданий от одного сотрудника к другому, а также контроль выполнения бизнес-процессов разработки новых изделий. Проблемы усугубляются тем, что на пред-

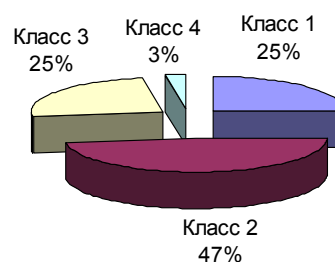


Рис. 3. Распределение машиностроительных предприятий по классам

приятиях применяется множество разных систем автоматизации деятельности различных подразделений. Совместное использование подобной информации различными пользователями и подразделениями затруднено или совсем невозможно. Поэтому многим отечественным предприятиям необходимо реорганизовать процесс проектирования новых изделий на базе современных ИТ поддержки ЖЦ изделия.

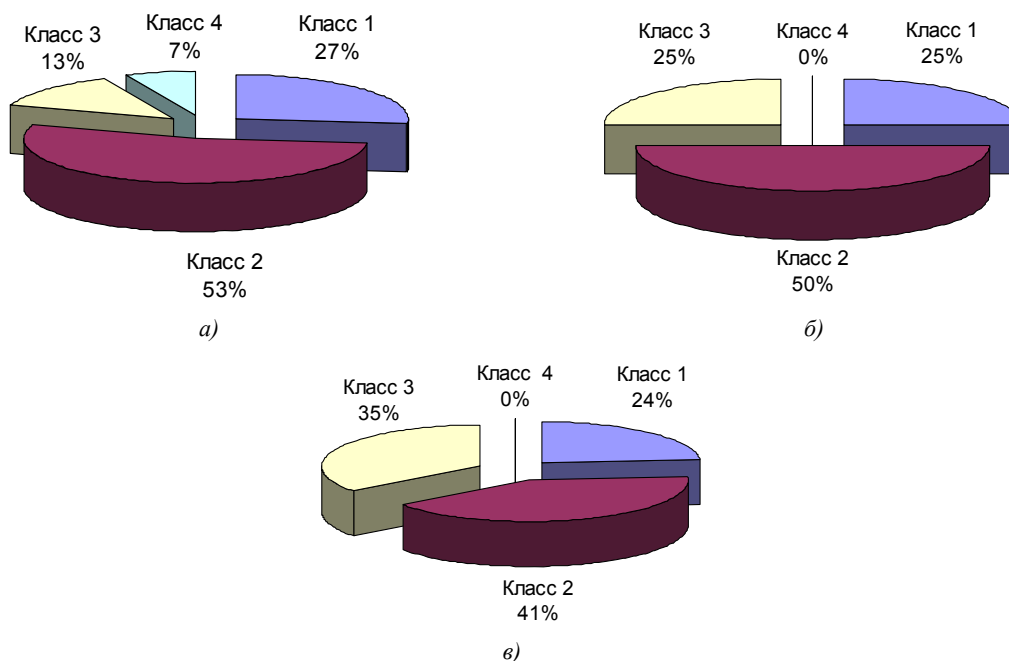


Рис. 4. Распределение предприятий по классам в отраслях:
а) автомобилестроение; б) сельхозмашиностроение; в) приборостроение

Результаты мониторинга были использованы при подготовке документа «Проанализировать материалы анкетирования, опыт Министерства промышленности Республики Беларусь и представить предложения межведомственной комиссии по внедрению ИИСТ и отраслевым ведомствам», разработанного в соответствии с п. 5 Плана мероприятий МКК по ИИСТ на 2010–2011 гг.

Заключение

Предложенный в данной статье подход к оценке уровня информатизации процесса проектирования на основе анкетирования позволяет получать и обрабатывать оперативные данные по применению ИТ при разработке новых видов продукции. Выделено четыре класса предприятий по уровню информатизации процесса проектирования. Для классификации предприятий разработана система критериев, предложены их значения.

Данный подход позволяет определить:

- наличие систем разработки КД в электронном виде, включая электронные геометрические модели изделия;
- виды и методы хранения КД;
- наличие автоматизированных бизнес-процессов разработки, хранения и использования КД на других этапах ЖЦ изделия.

На основании значений критериев для каждого класса предприятий можно определить цели и направления развития ИТ поддержки процесса проектирования.

Приоритетные направления развития ИТ следует определять исходя из оценки возможностей используемых ИТ и перспектив развития предприятия. На основании этих данных может разрабатываться дальнейшая стратегия применения ИТ на предприятии.

Список литературы

1. Компьютерное проектирование как основа информационной технологии поддержки жизненного цикла изделия / Л.В. Губич [и др.] // Танаевские чтения : докл. Четвертой Междунар. науч. конф. (29–30 марта 2010, Минск). – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2010. – С. 29–34.
2. Петкевич, Н.И. Подходы к применению вычислительных методов в практике конструирования / Н.И. Петкевич // Тр. VII Междунар. конф. «Информационные сети, системы и технологии», Беларусь, Минск, 5–7 окт. 2001 г. : в 3 т. – Минск : БГЭУ, 2001. – Т. 3. – С. 137–141.
3. Петкевич, Н.И. Методика компьютерной оценки несущей способности корпусных пластмассовых деталей радиоэлектронных устройств / Н.И. Петкевич // Материалы Второй Междунар. науч. конф. «Суперкомпьютерные системы и их применение» (SSA'2008), Минск, 27–29 окт. 2008 г. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2008. – С. 279–283.
4. Петров, А.В. Технология подготовки электронной эксплуатационной документации на изделия авиационной техники / А.В. Петров, Е.В. Судов // Информационные технологии проектирования и производства. – 2000. – № 2. – С. 19–25.
5. Кляшторная, О. Анализ эффективности внедрения ИТ: семь раз отмерь / О. Кляшторная // Директор ИС. – 2004. – № 4. – С. 38–43.
6. Алексеева, Н.И. Анализ программного обеспечения этапов конструкторской и технологической подготовки производства в рамках CALS-ориентированной инфраструктуры ФНПЦ «Салют» / Н.И. Алексеева, Ю.Т. Гайлит, И.И. Кузнецов // Информационные технологии проектирования и производства. – 2000. – № 2. – С. 38–45.
7. Информационные технологии поддержки жизненного цикла изделий машиностроения: проблемы и решения / Л.В. Губич [и др.]. – 2-е изд. – Минск : Беларус. навука, 2010. – 286 с.
8. Фисенко, Л. CobiT: давайте разберемся! [Электронный ресурс] / Л. Фисенко. – 2007. – Режим доступа : <http://citcity.ru/15459>. – Дата доступа : 20.06.2011.

Поступила 07.09.11

*Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси,
Минск, Сурганова, 6
e-mail: lab115@newman.bas-net.by*

N.I. Petkevich

**AN ANALYSIS OF THE INFORMATIZATION LEVEL
OF DESIGN PROCESSES ON INDUSTRIAL ENTERPRISES**

The problem of summing and monitoring of the information technology (IT) application in the process of mechanical product design is considered. A description of questionnaires that were used for pooling of engineering services of industrial enterprises is presented. An analytical method for data processing based on generation and following transformation of the factory identification matrix is suggested. The algorithm for enterprise classification by IT usage in the process of new product development is described.