

Точки излома на графиках (рис. 3, сплошная и штрих-пунктирная линии) соответствуют моментам времени отказов элементов, а число изломов – числу параллельно включенных ветвей логической схемы. Промежуточные отрезки между точками отказов элементов линейны, поскольку на этих промежутках структура системы остается неизменной.

Расхождение графиков (рис. 3, сплошная и штрих-пунктирная линии) не существенное.

В монографии [1] справедливо отмечается, что расчеты на надежность потенциально опасных сложных систем, отказы которых сопряжены с большими экономическими потерями, не могут быть сопоставлены со статистическими оценками, полученными как при испытаниях таких систем, так и в процессах их серийной эксплуатации. Испытания сложных систем чрезвычайно дороги, а по длительности сопоставимы со временем эксплуатации систем. По понятным причинам статистика катастроф самолетов и атомных электростанций крайне скудна для того, чтобы ее можно было использовать для получения статистических оценок надежности систем. Тем более, что катастрофы крайне редко связаны с отказами систем.

В связи с этим правомерность использования тех либо иных методов расчета надежности сложных систем может быть оценена только по корректности использования фундаментальных положений математики и по непротиворечивости результатов расчетов надежности исходным данным и феноменологическим представлениям о характере изменения вероятности их отказа.

Библиографические ссылки

1. Рябинин И. А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2007.
2. Бойко О. Г. Надежность функциональных систем самолетов гражданской авиации : монография / Избранные труды Российской школы по проблемам науки и технологий ; РАН. М., 2009.
3. Бойко О. Г., Шаймарданов Л. Г. Проблемы и перспективы методов расчета надежности сложных функциональных систем // Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики «АНТЭ-2011» : материалы VI междунар. науч.-техн. конф. ; Каз. гос. технич. ун-т. Казань, 2011. Т 1. С. 24–30.

E. A. Furmanova, O. G. Boyko, L. G. Shaimardanov

METHOD OF RELIABILITY ESTIMATION OF COMPLICATED SYSTEMS, CALCULATION OF WHICH CAN NOT BE REDUCED TO A SERIAL-PARALLEL ELEMENT CONNECTION SCHEME

The authors develop a calculation method for complicated systems reliability estimation. The calculation scheme of these systems is not reduced to a serial-parallel elements connection scheme. The probabilities multiplication theorem is not used in this method.

Key words: reliability, complicated system breakdown probability integral function, breakdown stream parameter.

© Фурманова Е. А., Бойко О. Г., Шаймарданов Л. Г., 2012

УДК629.78.05

Р. А. Хасанова

АНАЛИЗ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ИСПЫТАНИЙ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Рассматривается автоматизация создания испытательной документации бортового комплекса управления на этапе электрических испытаний. Проведен сравнительный анализ программных средств автоматизации, предлагаемых рынком на сегодняшний день.

Ключевые слова: автоматизация, жизненный цикл изделия, модели бизнес-систем, информационное пространство, наземные испытания.

В последнее время тема автоматизации документооборота стала как никогда актуальной. Компании, достигшие достаточной степени организационной зрелости и осознания протекающих в них процессов, пытаются использовать средства автоматизации документооборота для дальнейшего улучшения своей деятельности.

В космической отрасли названная проблема касается унифицирования документации, сопровождающей разные этапы стендовых и комплексных назем-

ных испытаний. Чтобы не снижать темпы технического прогресса, нужно максимально автоматизировать процессы жизненного цикла (ЖЦ) изделия. Существует техническая проблема, решение которой позволит обеспечить дальнейшее развитие космической отрасли, в частности, расширить область применения полученных ранее результатов испытаний и эксплуатации КА, снизить трудовые затраты и повысить эффективность процессов проектирования и выпуска технической документации. Для решения проблемы

требуется создать новую методику разработки документации, сопровождающей этапы жизненного цикла КА [3]. Важное значение имеет этап электрических испытаний (ЭИ) КА, в частности, электрических испытаний бортового комплекса управления (БКУ).

Для проведения этого этапа собирается схема БКУ, который состоит из бортового цифрового вычислительного комплекса (БЦВК), бортовой аппаратуры телесигнализации (БАТС), блока управления (БУ), блока интерфейсного (БИ) и командно-измерительной системы (КИС). Задачи на стенде БКУ перед испытателями стоят разные. Это отработка электрической стыковки аппаратуры БКУ путем измерения реальных характеристик обменных сигналов в комплексной схеме БКУ и проверка их соответствия требованиям ТЗ, отработка ПО БКУ на реальном БЦВК, отработка функционирования штатных режимов БКУ, отработка каналов взаимодействия БКУ с управляющим испытательным комплексом и т. д. (см. рисунок).

Все действия и описание работ приводятся в специальном документе – программе-методике испытаний. С помощью информационного пространства появится возможность автоматизировать разработку программ-методик и отчетов по результатам испытаний. Это будет документ в электронной форме для дальнейшего его согласования с заказчиком, ведущим проекта и испытателями.

По окончании испытаний выпускается отчет с результатами, для которого тоже было бы удобно иметь электронную форму. В отчете отображены все положения программы-методики и результаты испытаний, заключение о допуске БКУ к дальнейшим испытаниям.

Приступая к автоматизации задач документооборота, надо изначально разделить собственно внедрение тех или иных приложений, автоматизирующих конкретные процессы обработки документов и внедрение платформы для подобной автоматизации.

Целью внедрения базовой платформы автоматизации документооборота является:

- удешевление разработки и внедрения конечных приложений;
- обеспечение удобства пользователя и унификацию интерфейса всех приложений;
- сокращение стоимости эксплуатации и сопровождения комплекса приложений;
- обеспечение общего информационного пространства, возможности интегрированного поиска и извлечения знаний, накапливаемых в различных приложениях;
- обеспечение унифицированных средств мониторинга процессов и контроля исполнения;
- обеспечение возможности сбора статистической и аналитической информации о скорости и своевременности исполнения этапов бизнес-процессов.

Успех каждой автоматизации тестирования лежит в определении правильного инструмента автоматизации. Для того чтобы сделать окончательный выбор, необходимо провести детальный анализ различных

инструментов по следующим критериям отбора и выбора инструментов автоматизации [1]:

- 1) *лицензия и стоимость*:
 - стоимость продукта;
 - стоимость поддержки в год;
 - стоимость обучения;
 - стоимость консультаций (возможно);
 - тип лицензии (именованная или параллельная);
 - репутация и финансовая стабильность компании, предоставляющая продукт.
- 2) *технические моменты*:
 - поддержка операционных систем;
 - поддержка баз данных;
 - интеграция с тестируемой системой;
 - необходимость отдельных серверов или же машин;
 - совместимость с интеграционными инструментами (Continuous Integration). Например, Ant, Maven, Bamboo;
 - версионный контроль;
 - открытость и расширяемость кода для интеграции с другими инструментами;
 - настраиваемые отчеты;
- 3) *разработка*:
 - время и деньги, необходимые на разработку;
 - навыки и опыт работы людей, которые будут работать над автоматизацией;
 - кодирование и запись/воспроизведение;
 - легкость написания тестовых сценариев;
 - простота поддержки тестовых сценариев;
 - документация.

Существует более 20 технологий проектирования организационно-технических систем и несколько сотен специальных инструментов, предназначенных для автоматизации этого процесса. Имеются также средства моделирования, входящие в состав комплексных систем управления предприятиями (SAP/R3, BAAN, Oracle Application и др.). Тем не менее, сравнительный анализ был ограничен тремя наиболее популярными на российском рынке специализированными программными продуктами [4]: прежде всего ARIS (Scheer AG), затем BP-Win/Erwin (Platinum Technology) и, частично, Rational Rose (Rational Software Corporation).

Пакет ARIS ToolSet – это многопользовательская среда описания и анализа рабочих процессов предприятий, поддерживающая разработку сложных гетерогенных информационных систем (ARIS, АРИС – Архитектура Интегрированных Информационных Систем) и сопровождающая весь цикл разработки (анализ – проектирование – реализация). Применение этих инструментальных средств позволяет многократно сократить длительность этапа проектирования при гарантированном уровне проектных решений. В этой среде не накладывается жестких ограничений на последовательность проработки различных аспектов деятельности и предоставляется ряд других возможностей по описанию рассматриваемого предприятия.

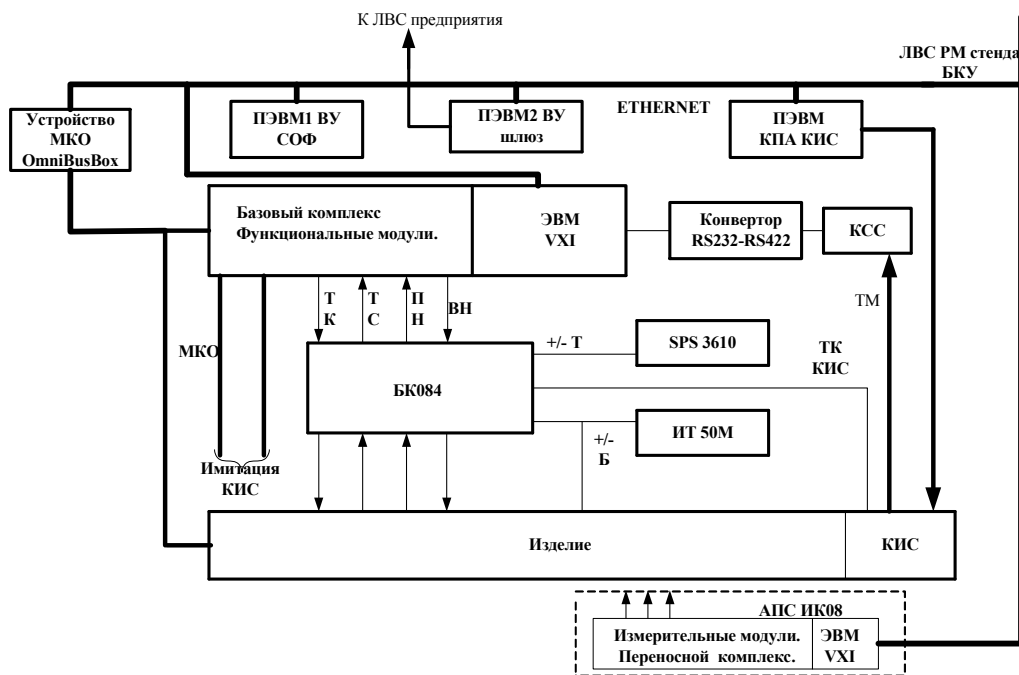


Схема рабочего места стенда испытаний БКУ:

БК084 – блок кроссировки; МКО – мультиплексный обмен; ПЭВМ ВУ – персональная ЭВМ верхнего уровня; КПА – контрольно-проверочная аппаратура; ЛВС – локальная волоконная сеть; КСС – комплекс средств сопряжения

В ARIS воплощен практический опыт множества аналитиков, работающих в области проектирования ИСУП, а также учтены недостатки существующих инструментальных средств. Система предназначена для поддержки работы специалистов, анализирующих и выстраивающих (оптимизирующих) рабочие процессы на предприятиях, внедряющих системы управления предприятиями, и сопровождающих эти системы.

BP-Win – это средство функционального моделирования, реализующее методологию IDEF0-IDEF3, и ERwin – средство концептуального моделирования Баз Данных, использующее стандарт IDEF1X. Методология IDEF0, представляет собой совокупность методов, правил и процедур, предназначенных для построения функциональной модели объекта какой-либо предметной области. Функциональная модель IDEF0 отображает функциональную структуру объекта, т. е. производимые им действия и связи между этими действиями. Методология IDEF0 может использоваться для моделирования широкого круга систем и определения требований и функций, а затем для разработки системы, которая удовлетворяет этим требованиям и реализует эти функции. Для уже существующих систем IDEF может применяться для анализа функций, выполняемых системой, а также для указания механизмов, посредством которых они осуществляются. ERwin реализует проектирование схемы БД, генерацию ее описания на языке целевой СУБД (ORACLE, Informix, Ingres, Sybase, DB/2, Microsoft SQL Server, Progress и др.) и реинжиниринг существующей БД. ERwin выпускается в нескольких различных конфигурациях, ориентированных на наиболее распространенные средства разработки приложений

4GL. Версия ERwin/OPEN полностью совместима со средствами разработки приложений PowerBuilder и SQLWindows и позволяет экспортировать описание спроектированной БД непосредственно в репозитории данных средств. Для ряда средств разработки приложений (PowerBuilder, SQLWindows, Delphi, Visual Basic) выполняется генерация форм и прототипов приложений. Сетевая версия Erwin ModelMart обеспечивает согласованное проектирование БД и приложений в рамках рабочей группы.

Rational Rose 98 – предназначено для автоматизации этапов анализа и проектирования ПО, а также для генерации кодов на различных языках и выпуска проектной документации. Rational Rose использует синтез-методологию объектно-ориентированного анализа и проектирования, основанную на подходах трех ведущих специалистов в данной области: Буча, Рамбо и Джекобсона. Разработанная ими универсальная нотация для моделирования объектов (UML – Unified Modeling Language) претендует на роль стандарта в области объектно-ориентированного анализа и проектирования. Конкретный вариант Rational Rose определяется языком, на котором генерируются коды программ (C++, Smalltalk, PowerBuilder, Ada, SQL Windows и ObjectPro). Основной вариант – Rational Rose/C++ – позволяет разрабатывать проектную документацию в виде диаграмм и спецификаций, а также генерировать программные коды на C++. Кроме того, Rational Rose содержит средства реинжиниринга программ, обеспечивающие повторное использование программных компонент в новых проектах.

Программно-методический комплекс ОРГ-Мастер – многопользовательская среда моделирования и орга-

низации деятельности предприятия, поддерживающая системный и процессный подходы к ведению бизнеса на основе информационных моделей. В среде БИГ-Мастера осуществляется разработка интегрированной бизнес-модели предприятия, включающая модели структур, отношений и процессов. ОРГ-Мастер при построении модели дает возможность не ограничиваться определенным набором сущностей, т. е. является абсолютно открытой средой. ОРГ-Мастер позволяет создать описание предприятия (модели процессов, структур и организации данных), полнота которого достаточна как для проектирования корпоративных информационных систем (КИС) или систем менеджмента качества, так и повседневного наблюдения и контроля за организацией деятельности в компании. В состав КИС ОРГ-Мастер может войти в качестве специальной организационной подсистемы. ОРГ-Мастер обеспечивает возможность накопления и анализа бизнес-моделей, создание пакетов организационной документации (описаний и регламентов деятельности), полностью адаптированных к российским реалиям. Его характеризует ориентация на конечных пользователей – менеджеров компании, применяющих модель, как инструмент управления.

Теперь, после общего уточнения общих функциональных задач, решаемых рассматриваемыми средствами, следует сравнить и те возможности, которые эти средства предоставляют.

При сравнении различных средств моделирования бизнес-систем целесообразно рассматривать их особенности по следующим группам функциональных возможностей:

- средства построения моделей бизнес-систем;
- средства анализа моделей;
- средства оптимизации моделируемых систем по их моделям;
- поддержка библиотек типовых моделей;
- оформление регламентов и документации;
- поддержка разработки моделей баз данных и программных средств;
- интеграция с другими программными продуктами (CASE-средствами, ERP-системами, прикладными программами) [2].

С точки зрения возможностей *построения моделей бизнес-систем* обычно учитываются такие свойства средств и методологий моделирования, как:

- *универсальность* (возможность и способы представления различных аспектов моделируемой системы для разных классов систем);
- *открытость* (возможность моделирования новых, первоначально не рассматривавшихся сторон бизнес-системы, учета развития моделируемой системы и т. п.).

Вопрос *универсальности* средства моделирования требует некоторого уточнения этого понятия. Как отмечалось выше, в практике моделирования бизнес-систем основными отображаемыми в моделях сторонами системы являются:

- структурная организация системы;

- функции системы и ее составных частей (например, подразделений);
- процессы, протекающие в системе;
- распределение ресурсов по процессам;
- распределение ответственности за процессы и ресурсы.

Кроме того, на более высоких, концептуальных уровнях представления бизнес-системы описываются назначения и организационно-управленческие установки системы, такие как миссия, цели, стратегии, политики и пр.

Реализация всех необходимых объектов и свойств системы может осуществляться:

а) либо за счет построения и использования различных типов моделей для отображения разных сторон системы;

б) либо посредством использования одного типа модели, трактовка компонент и связей которой при отображении различных свойств системы будет варьироваться.

Поэтому под универсальностью, видимо, следует понимать именно возможность и способы отображения представлений различных аспектов (срезов) моделируемой системы.

Все сравниваемые методологии (ORG-Master, ARIS и BP-Win) позволяют строить модели бизнес-систем, отображающие различные стороны систем. В этих моделях представляются реализуемые в бизнес-системах функции, их структура, протекающие в них процессы, а также циркулирующие в них данные (в том числе планы, проекты, регламенты, первичные документы и отчеты). Однако, подходы, применяемые в этих системах, различны.

В ARIS широко используется первый из названных подходов: для отображения различных сторон системы применяются разные модели (организационные, функциональные, информационные, модели выходов, модели управления), а ориентация на язык UML в поздних версиях системы еще более расширяет спектр используемых средств представления. Однако такое расширение предельно усложняет возможность овладения данным инструментом для управленческого персонала.

В BP-Win, в принципе, употребляется такой же путь, но с меньшим разнообразием отражаемых аспектов деятельности в силу ориентации на представление объектов в стандартах IDEF0, IDEF3 и DFD, ориентированных на описания логики использования информационных систем.

В ORG-Master для представления разных объектов модели и связей между ними существует единый механизм, основанный всего на двух базовых понятиях: классификатор и проекция.

Первый из них дает возможность построить любой класс однотипных объектов и определить, в случае необходимости, иерархическую подчиненность объектов класса (древовидную структуру). Проекция позволяет установить связи между парой (тройкой) классов, определяя тем самым, формальное отношение на них. Такой подход упрощает и унифицирует

входные интерфейсы программы и дает возможность строить все модели однотипным образом.

(BP-Win также позволяет задать иерархию на объектах класса, так называемую, категоризацию, однако это выполняется несколько сложнее, чем в ORG-Master).

Открытость моделей для всех трех рассматриваемых средств обеспечивается возможностью добавления новых объектов или классов объектов и отношений между ними.

В ARIS и BP-Win для этого необходимо пополнять фиксированные классы объектов, используемых в моделях бизнес-процессов. Другими словами, системы являются «закрытыми» для пользователей и «обогащение» бизнес-системы производится исключительно авторами продуктов.

ORG-Master позволяет пользователю с легкостью вводить новые объекты модели («классификаторы») и устанавливать их отношения («проекции») с уже существующими. Например, в модель могут быть введены такие неформальные аспекты жизни компаний, как корпоративная этика, межличностные отношения персонала и прочее, оказывающие существенное влияние на поведение системы.

Такая «легкость» введения новых объектов, предоставленная пользователю, имеет свою обратную сторону – не все не могут с ней справиться. Поэтому модель перегружается новыми «классификаторами», не являющимися обязательными – то же самое можно описать, используя существующие базовые объекты.

Основные функциональные возможности сравнимых инструментов представлены в таблице, где по пятибалльной шкале обозначены оценки степени реализации функций или свойств.

Проведенный анализ обуславливает во многом выбор оптимального инструмента для построения информационного пространства ЭИ БКУ. Наиболее приемлем Rational Rose на платформе ORG-Master.

Таким образом, внедрение проекта в производство позволит:

- 1) уменьшить трудовые затраты;
- 2) сократить сроки выпуска технической документации;
- 3) оптимизировать контроль над этапами жизненного цикла изделия, как то сопровождение и анализ нештатных ситуаций;
- 4) повысить эффективность процессов производства, подготовки и эксплуатации изделия.

Новая разработка может стать эффективным инструментом разработки технической документации на этапе ЭИ БКУ.

В настоящее время идеология составления комплексных программ экспериментальной отработки РКТ развивается в направлении увеличения объема наземных и сокращения объема летных испытаний. Основным требованием при этом является повышение достоверности информации о характеристиках изделия и его систем, получаемой на различных уровнях иерархии наземных испытаний, проводящихся в имитируемых условиях к реальной эксплуатации.

Огромным шагом на пути решения этой проблемы станет автоматизированный подход к выпуску испытательной документации.

Библиографические ссылки

1. Андреев В. А. Приступая к созданию корпоративной системы автоматизации документооборота // Байт. 2003. Вып. 2. С. 34–37.
2. Артамонов Е. И. Интерактивные системы. Синтез структур. М. : Инсвязьиздат, 2010.
3. Мельников И. В. Роль испытаний в оптимизации процесса проектирования изделий ракетно-космической техники // Молодой ученый. 2011. № 2. Т. 1. С. 38–41.
4. Интернет-ресурсы: www.automated-testing.info и www.poliarush.com.

Функциональные возможности инструментов ARIS, BP-Win и ORG-Master

Функциональные возможности	Бес	ARIS		ORG-Master		BP-Win	
Возможности представления моделей систем	4,5	8	36	10	45	8	37
универсальность	5	4	20	5	25	5	25
открытость	4	4	16	5	20	3	12
Средства анализа моделей	3,3	12	40	10	38	10	33
Общая организация, порядок взаимодействия, распределение ответственности, качественный анализ загрузки	5	4	20	5	25	3	15
Имитационное, событийно-управляемое моделирование (оценка временных параметров)	2	4	8	2	4	3	6
Оценка стоимостных параметров процессов (функционально-стоимостной анализ)	3	4	12	3	9	4	12
Средства оптимизации бизнес-систем	2	3	6	2	4	2	4
Поддержка библиотек типовых моделей	4,3	11	47	14	61	10	42
Оформление документации	4,3	11	47	14	61	10	42
Организационная документация	5	3	15	5	25	2	10
Документация СМК (систем менеджмента качества)	4	4	16	5	20	3	12
Проектная документация для создания ИС	4	4	16	4	16	5	20
Поддержка разработки баз данных и программных средств	4	4	16	3	12	5	20
Интеграция с программными продуктами	3,5	7	2,5	8	27	9	32
CASE средствами	4	4	16	3	12	5	20
Прикладными программами и системами	3	3	9	5	15	4	12
Итого		38	139	37	142	37	138

ANALYSIS OF SOFTWARE FOR AUTOMATIC PERFORMANCE OF SPACECRAFT TESTS

Automated creation of OCS documentation at the stage of electrical tests is reviewed in this paper. A comparative analysis of software for automatic performance available in the market today.

Keywords: automatic performance, life cycle, business-systems models, informational space, earth-based tests.

© Хасанова Р. А., 2012

УДК 621.926.4

А. Н. Щепин, Б. С. Каменецкий, Г. Н. Лимаренко, В. А. Титов

ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ОРИГИНАЛЬНОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ*

Дается оценка динамических характеристик нового универсального измельчителя сельскохозяйственного сырья и других материалов на основе оригинальной зубчатой передачи.

Ключевые слова: динамика машин, зубчатое зацепление, вибродиагностика, измельчитель.

В Сибирском федеральном университете (СФУ) создан новый тип универсального измельчителя сырья и материалов [1; 2]. Измельчитель выполнен на основе оригинальной зубчатой передачи внутреннего зацепления [3; 4].

Для исследований измельчителя создан экспериментальный стенд (рис. 1), представляющий собой программно-аппаратный комплекс, реализованный на базе техники Siemens и технологий National Instruments, включающий в себя измельчитель, клиноременную передачу, соединяющую его с асинхронным электродвигателем Siemens мощностью 5,5 кВт (максимальная частота вращения 1500 об/мин), пульт управления, компьютер с управляющим ПО на базе LabVIEW и Simatic Net; шкаф управления [5].

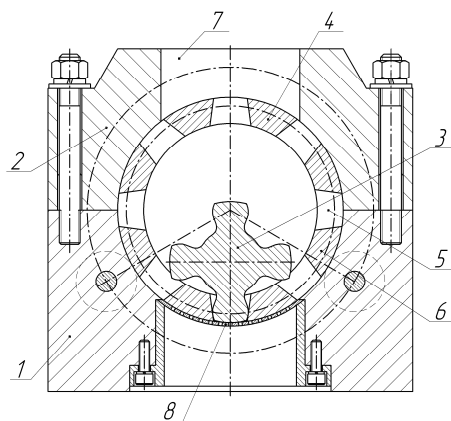


Рис. 1. Конструктивная схема измельчителя

В разъемном корпусе 1 с крышкой 2 установлен редуктор – оригинальная зубчатая передача внутрен-

него зацепления, образованная вал-шестерней 3 с наружными зубьями и колеса 4. Колесо выполнено в виде полого цилиндра, по периметру которого равномерно расположены зубья 6, боковые поверхности которых образуют окна 5. Вал-шестерня и колесо установлены на подшипниках качения в расточках корпуса. Окно 7 для загрузки сырья выполнено сверху корпуса, а для отвода продукта – снизу и в нем установлена решетка 8 с отверстиями.

В измельчителе реализован способ «экструзионного измельчения». Сырье из бункера через окно 7 поступает внутрь колеса, загружается в окна 5. При вращении передачи зубья вал-шестерни «закрывают» окна с сырьем. В результате этого под действием сдвигающих и сдвиговых усилий, создаваемых зубьями вал-шестерни, сырье измельчается. Готовый продукт отводится через отверстия в решетке.

Кинематическая схема измельчителя показана на рис. 2.

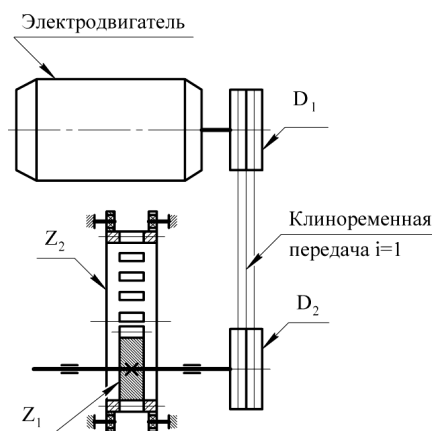


Рис. 2. Кинематическая схема привода измельчителя

* Работа выполнена в рамках проекта ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг., по лоту шифр «2011-1.2.2-220-010».