

## Библиографические ссылки

1. Багриновский К. А. Модели и методы экономической кибернетики. – М. : Экономика, 1973.

2. Симонов П. М. Экономико-математическое моделирование : учеб. пособие : в 2 ч. / Перм. гос. ун-т. – Пермь, 2009. – Ч. 1. – 338 с. : ил.

Получено 18.04.2017

3. Домошницкий А. И., Истомин Д. А., Гитман М. Б. Разработка модели развития инновационного предприятия как динамической системы с эффектом памяти // Прикладная математика и вопросы управления. – 2015. – № 1. – С. 49–59.

4. Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П. Введение в системный анализ. – М. : Высш. шк., 1989. – 360 с.

УДК 517.977

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-153-156

Г. А. Благодатский, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Д. Е. Докучаев, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРЕЦЕДЕНТОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПО ТЕХНОЛОГИИ OMG RUP

Важным элементом планирования разработки компьютеризированных систем управления является системное исследование предметной области. Консорциум ведущих разработчиков автоматизированных систем управления OMG ведет активную работу, посвященную разработке лучших техник эффективного создания компьютерных систем [1]. Среди множества техник выделяются RUP – разработка IBM Rational Software. Это технология, использующая UML-моделирование как центральный инструмент создания компьютерных систем [2]. Подобное моделирование призвано решить проблему «кризиса при разработке программного обеспечения», т. е. оценить масштаб системы и необходимые средства для ее реализации [3]. Первое, что необходимо реализовать при данном подходе, – это модель прецедентов предметной области.

Рассмотрим основные черты типового предприятия малого бизнеса сектора пищевой промышленности, осуществляющего производство хлебобулочных изделий. Основной ассортимент представлен  $m = 5$  видами продукции  $\bar{y} = \{y_i\}, i = \overline{1, m}$ , где  $y_1$  – «хлеб пшеничный»;  $y_2$  – «хлеб «Дарницкий»»;  $y_3$  – «батон нарезной»;  $y_4$  – «плетенка с маком»;  $y_5$  – «ромашка с кунжутом». Вес единицы продукции задан вектором  $\bar{w} = \{w_i\}, i = \overline{1, m}$ , где  $\bar{w} = \{0,5; 0,5; 0,3; 0,3; 0,3\}$  кг. Средний объем производства в день задан вектором  $\bar{x} = \{x_i\}, i = \overline{1, m}$ , где  $\bar{x} = \{3000; 1600; 150; 50; 50\}$  единиц. Таким образом, недельное производство продукции можно рассчитать по формуле

$$\bar{Q} = \bar{w} \cdot \bar{x} \cdot T, \quad (1)$$

где  $T$  – количество рабочих дней в неделе.

Положим,  $T = 7$ , тогда  $\bar{Q} = 16625$  кг.

Предприятие находится в одноэтажном кирпичном здании, имеющем в своем составе административные помещения, производственные помещения, склад для сырья и готовой продукции, склад для запасных частей и оборудования. На предприятии используется специальное оборудование: тестомесильная машина, мукопросеиватель, расстоечный шкаф, 2 хлебопекарные печи, весы рычажные. На производстве работают: директор, заместитель директора, технолог, 9 пекарей, 3 водителя, уборщик производственных и офисных помещений, слесарь по ремонту оборудования, электромонтер, мастер по настройке контрольно-измерительных приборов и аппаратуры. Также помещения обслуживаются предприятиями, предоставляющими электроэнергию, тепловую энергию и водоснабжение. В состав транспортных средств предприятия входят 3 автомобиля, которые производят доставку продукции до покупателя. Автомобили обслуживают сторонние предприятия, занимающиеся слесарным ремонтом; взаимодействие с этими предприятиями осуществляется по договору подряда.

Бизнес-процессы предприятия можно разделить на три группы: основные процессы, вспомогательные бизнес-процессы и процессы управления. Также представлены основные актеры, участвующие в процессах. Внутри каждого блока описываются происходящие процессы и взаимосвязи.

Особый интерес для автоматизации данного предприятия представляют собой основные и вспомогательные процессы, состав которых довольно значителен (рис. 1). Необходимо указать, что процессы данной группы автоматизированы лишь частично системой 1С – Бухгалтерия, что позволяет сделать вывод о большом потенциале автоматизации данного направления процессов.

В структуре вспомогательных процессов выделяются «Поставка сырья для производства» (рис. 2) и «Доставка готовой продукции к потребителям» (рис. 3). На процесс «Поставка сырья» накладываются

ся ограничения на объем поставок  $\bar{v} = \{v_i\}, i = \overline{1, n}$  (обусловлено емкостью складов и мест хранения) и сроки хранения  $\bar{t} = \{t_i\}, i = \overline{1, n}$  (обусловлено естественными причинами и требованиями законодательства), где  $n$  – количество видов сырья. Управление запасами на складах организовано по технологии страхового запаса. Начало бизнес-процесса «Поставка сырья для производства» начинается с анализа остатков на складе технологом. После чего технолог сообщает об остатках директору, который, при сов-

падении остатков по видам ресурсов с уровнем страхового запаса  $\bar{r} = \{r_i\}, i = \overline{1, n}$  (определяется опытным путем), совершает звонок поставщикам. После этого поставщик привозит муку и необходимые товары. После поступления на склад сырья для производства продукции технолог производит необходимые проверки поступившего сырья. По технологическим особенностям (ограниченный срок хранения  $\bar{t}$  (дрожжи, масло), небольшой объем склада  $\bar{v}$ ) процесс поставки совершается с периодом  $T$  от 1 до 2 недель.

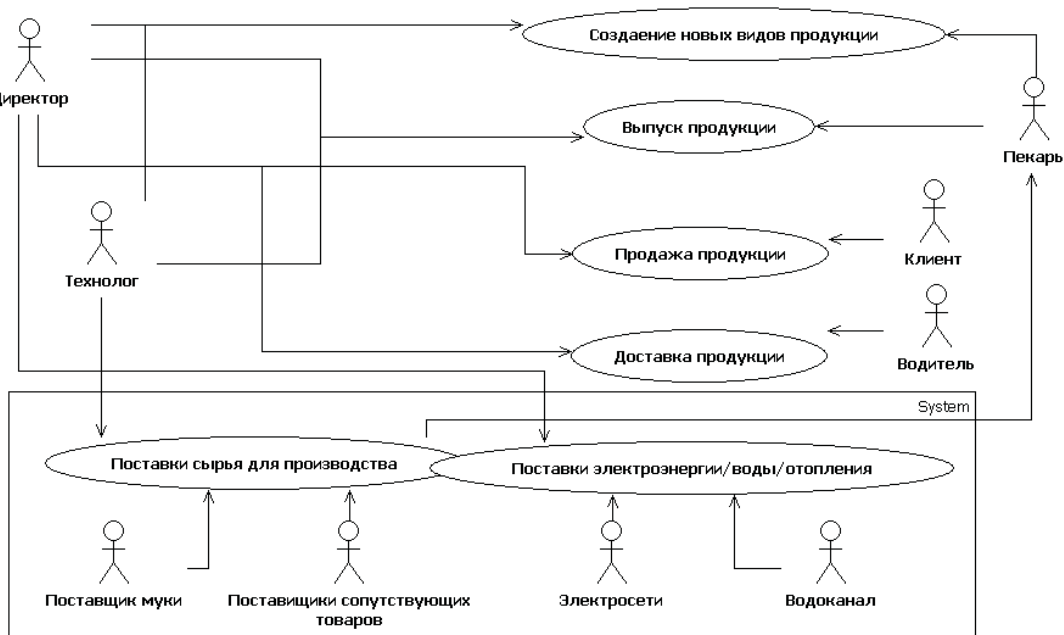


Рис. 1. Структура основных и вспомогательных процессов

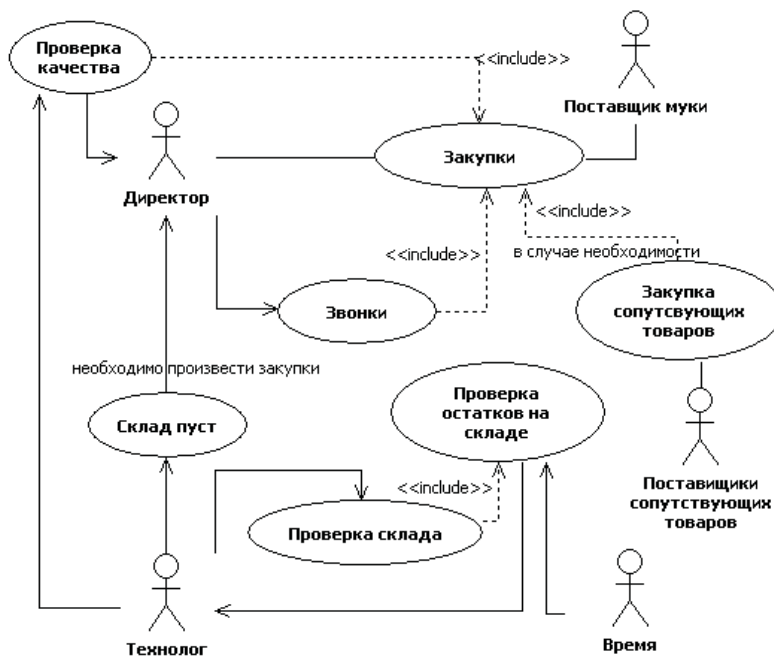


Рис. 2. Поставка сырья для производства

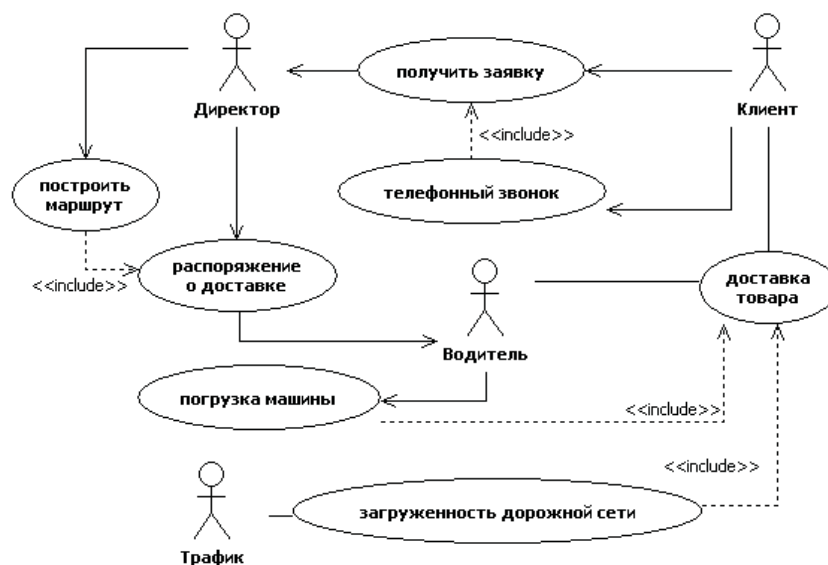


Рис. 3. Доставка готовой продукции

Важно учитывать, что сроки хранения  $\bar{s} = \{s_i\}, i = 1, m$  готовой продукции крайне малы (от 12 до 36 часов), поэтому надежный процесс доставки до точек реализации является критическим. Продукция доставляется до конечных точек  $\bar{B} = \{B_j\}, j = 1, n$ , где  $n$  – количество точек реализации ( $n \geq 50$ ) тремя автомобилями «Газель», где  $g = 3$  – объем автопарка. Размер и состав вектора  $\bar{B}$  непрерывно меняются. На объем перевозимой продукции накладываются следующие ограничения. Доставка осуществляется кассетами по  $c_c = 16$  ячеек. Всего необходимо развести 306 кассет. Первый рейс осуществляется 2 машинами «Газель», загруженными по  $c_g = 128$  кассет, второй – 1 машиной с загрузкой  $c_g = 50$  кассет. Учитывая (1), необходимо сделать 21 безаварийный рейс в неделю (более 1000 рейсов в год), доставив груз до нескольких десятков  $n$  конечных точек реализации  $\bar{B}$  (более 350 разгрузок машины в неделю и более 18000 разгрузок в год). Процесс «Доставка готовой продукции» начинается с получения заявки директором. Исходя из полученных данных и предпочтений покупателей директор строит маршрут поставки продукции, рассчитывая оптимальный маршрут доставки, подходящий под ситуацию сегодняшнего дня (меняющийся вектор  $\bar{B}$  постоянно изменяет маршруты доставок). После этого директор дает указание водителю начинать загрузку автомобиля, водитель в соответствии с заявкой начинает загрузку автомобиля. Водитель начинает движение по маршруту, составленному директором, корректируя его самостоятельно, исходя из загруженности дорожной сети.

Одной из нестандартных ситуации в прецеденте «Доставка готовой продукции» можно рассмотреть поломку транспортного средства во время рейса.

В случае если автомобиль находился ближе к концу выполнения рейса, на место прибывает автомобиль, находящийся на втором рейсе. Водители перегружают продукцию из одного автомобиля в другой, после чего второй автомобиль заканчивает рейс, который начал первый. В случае если поломка произошла в начале рейса и в этот момент оба работающих автомобиля загружены, на место выезжает запасной автомобиль. Водители также перегружают хлеб из одного автомобиля в другой, после чего запасной автомобиль едет в рейс, а сломавшийся – эвакуируется на станцию технического обслуживания для ремонта.

В результате исследования выявлено, что в составе производственной системы есть 15 активных элементов, которые взаимодействуют между собой в составе 3 подсистем основной системы (выявлено 10 основных пакетов прецедентов предметной области). Производственная система представляет собой ассортимент продукции, объем выпуска (зависит от потребностей потребителей), точки реализации

$$S = \{\bar{y}, Q, \bar{B}\} \quad (2)$$

в системе ограничений на емкости мест хранения, сроки поставок, сроки хранения материалов, возможности средств доставки готовой продукции:

$$\{\bar{v}, \bar{t}, \bar{r}, \bar{s}, c_g, c_c, g\}. \quad (3)$$

Предприятие фактически работает по системе ЛТ [4], поэтому при автоматизации нужно учитывать, что основной процесс сильно связан с результатами вспомогательных процессов (необходимо надежно и своевременно поставлять сырье и материалы и оперативно осуществлять доставку готовой продукции до точек реализации), а сама система (2) представляет сложную, многоуровневую систему с активными элементами.

### Библиографические ссылки

1. About OMG. – URL: <http://www.omg.org/gettingstarted/gettingstartedindex.htm> (дата обращения: 20.02.2017).
2. What is UML? – URL: <http://www.uml.org/what-is-uml.htm> (дата обращения: 20.02.2017).
3. Благодатский Г. А., Горохов М. М., Тенев В. А. Программно-инструментальные средства повышения эффективности внутренних бизнес-процессов предприятий. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2015. – 188 с.
4. Blagodatsky Gregory. The Corporate Information System Evolution // Proceedings of the International Workshop “Innovation Information Technologies: Theory and Practice” : Forschungszentrum Dresden-Rossendorf, 2010, 227–228.

Получено 03.03.2017

УДК 621.865.8.004

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-156-159

I. N. Ibrahim, Post-graduate, Kalashnikov ISTU

M. A. Al Akkad, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU

## STUDYING THE DISTURBANCES OF ROBOTIC ARM MOVEMENT IN SPACE USING THE COMPOUND-PENDULUM METHOD

### Introduction

In this research, we suppose the representation of the arm movement with a related payload as a compound-pendulum with the adoption of a mathematical procedure [1–4]. This gives a complete and clear picture of the disturbances that are affecting the inertia moment and center of gravity (CoG) in the coordinate frame of the aircraft during its movement in the air. This method, which was not mentioned in literature before gives a complete handling of noise determination and formulates random disturbances' functions [5] that can be emulated and inserted into the dynamics model of the aircraft. Inertial moments amounts were studied according to the overall aircraft model [6, 8–10], in addition to applying the theory of parallel axis of Huygens-Steiner [7], which is concerned with studying the new inertia moment of the studied part relative to new axis of study parallel to the axis of the part to be studied.

Since the used aircraft model is a multirotor or UAV model, which is considered a solid body with a symmetric form, the parameters of the change in the distur-

bances functions of the motion equations can be defined according to the general form based on the pendulum model shown in equation (1). The shape of the aircraft was supposed approximately as a rectangle as shown in figure (1). The pendulum motion takes place according to the angles of motion ( $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ ) as illustrated in the figure and these angles ranges are: ( $0 < \theta_1 < 360$ ,

$-5 < \theta_2 < -175, -155 < \theta_3 < 155$ ), assuming the weight of the payload is fixed. This will lead to the following parameters change: the center of gravity of the aircraft dynamics model and the overall inertia moment of the aircraft in addition to changes in the thrust resulting from the aerial motors because of the distance change between the center of gravity of the aircraft dynamics model and each engine. The general form of disturbances can be expressed as follow [5]:

$$F_{dist} = f_F(\theta_1, \theta_2, \theta_3), M_{dist} = f_M(\theta_1, \theta_2, \theta_3), \quad (1)$$

where  $f_F$  and  $f_M$  are nonlinear stochastic functions.

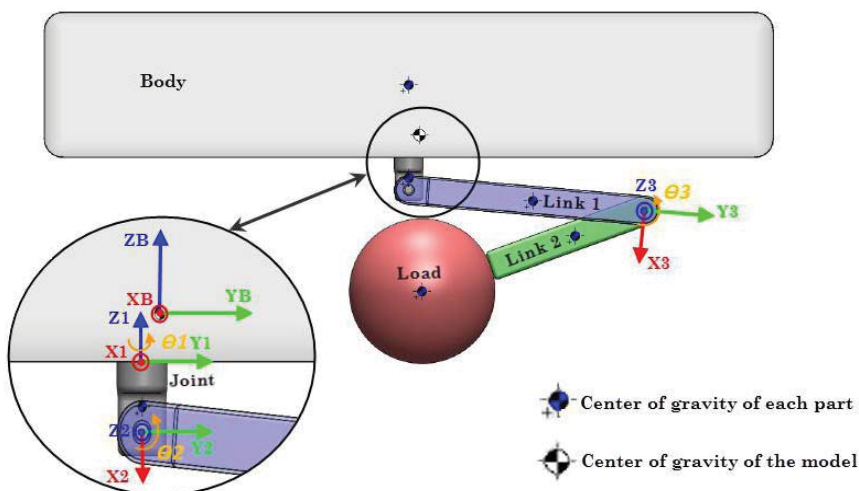


Fig. 1. General model of the pendulum movement disturbances