

УДК 004.415.2

**И.О. Чеканов, А.В. Григорьев**

ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, chekanow93@gmail.com;

ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, oleksandr.hryhoryev@nure.ua

## **РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

В работе детально рассмотрен и проанализирован технологический процесс упаковки готовой продукции на полиграфическом предприятии, выделены базовые понятия. Разработан процесс создания приложения для оптимизации упаковки готовой продукции на полиграфическом предприятии и методика расчета количества и параметров упаковки и тары. Обоснована необходимость данного приложения для обеспечения эффективной деятельности производственного предприятия.

**ПОЛИГРАФИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ, УПАКОВКА, ТАРА, ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ, РАСЧЕТ РЕСУРСОВ, РАЗРАБОТКА, ПРИЛОЖЕНИЕ, СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

**Чеканов І.О., Григор'єв О.В. Розробка програми для оптимізації пакування готової продукції на поліграфічному підприємстві.** У роботі детально розглянуто та проаналізовано алгоритм пакування готової продукції на поліграфічному підприємстві, виділені базові поняття. Розроблено процес створення програми для оптимізації пакування готової продукції на поліграфічному підприємстві, а також розрахунку кількості та параметрів пакування і тари. Обґрунтовано важливість цієї програми для діяльності виробничого підприємства.

**ПОЛІГРАФІЧНА ПРОДУКЦІЯ, УПАКОВКА, ТАРА, ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗМІЩЕННЯ, РОЗРАХУНОК РЕСУРСІВ, РОЗРОБКА, ДОДАТОК, СПЕЦІАЛІЗОВАНЕ ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

**Chekanov I.O., Grigoriev A.V. Development of program for optimization of product packaging in the printing company.** In the paper, the algorithm for packaging of finished products in printing enterprise was analyzed, basic concepts were singled out. The process of creating application for optimizing the packaging of finished products at a polygraphic enterprise and calculating the quantity and parameters of packaging and tare, has been developed. The importance of this application for the activity of a manufacturing enterprise is substantiated.

**PRINTING PRODUCTS, PACKAGING, TARE, OPTIMIZATION OF PLACEMENT, CALCULATION OF RESOURCES, DEVELOPMENT, APPLICATION, SPECIALIZED SOFTWARE**

### **Введение**

Вопросы, связанные с внешней и внутренней логистикой, повсеместно решаются производственными предприятиями. К внутренней логистике относится движение объектов внутри предприятия, к внешней — движение объектов за его пределами. Одной из основных логистических задач является составление маршрута и расчет времени. Кроме этого в рамках логистики необходимо также решать задачи оптимального размещения грузов на платформах для перевозки и распределения транспортных средств и тары, а также необходимо выполнять сопутствующие расчеты материалов и средств, которые требуются для обеспечения транспортировки.

Все эти проблемы присутствуют на полиграфических предприятиях, так как они относятся к разряду производственных предприятий. Развитие производства, предприятий и товарооборота — причина усложнения логистики и сопутствующих целей, что обуславливает важность проведения исследований и разработку специализированного программного обеспечения (СПО) для облегчения и повышения эффективности решения вышеописанных вопросов [1–4].

В данной работе описывается процесс создания СПО для решения задачи оптимизации размещения коробок с готовой продукцией на паллете, расчета необходимых для транспортировки материалов и генерации документов для отчетов.

### **1. Постановка задачи исследования**

Грамотная постановка цели на создание СПО является важным этапом в процессе разработки, так как определяет направление исследования системы, для которой оно разрабатывается.

Цель определена следующим образом: «Разработать программное обеспечение для полиграфического предприятия, которое позволит решать задачи: расчета параметров упаковки и коробки, а также количества всех сопутствующих материалов; построения схемы оптимального размещения упаковок на платформе для транспортировки готовой продукции; генерации специальных документов со схемой размещения коробок на платформе, параметрами и количеством коробок и паллет, которые будут использованы руководством для контроля процесса упаковки и транспортировки продукции».

Для решения данной задачи необходимо: сформулировать требования к СПО; проанализировать

потенциальных пользователей, а также существующие модели и методы решения задач, рассматриваемых в данной статье; формализовать требования к системе; разработать модели использования СПО; разработать прототип интерфейса СПО и всех сопутствующих схем; составить тесты для проверки функционала СПО; обосновать выбор языков программирования, архитектуры СПО и библиотек, которые планируется использовать при разработке; выполнить написание программного кода СПО и подготовить документацию; выполнить тестирование и контроль качества готового СПО; ввести готовый продукт в эксплуатацию.

После завершения процесса разработки и введения его в эксплуатацию необходимо производить мониторинг работы целевой аудитории с СПО, это позволит выявить достоинства и недостатки разработанного продукта. Усовершенствование достоинств и устранение недостатков производится путем разработки патчей и регулярного обновления СПО, что позволяет повышать эффективность работы и решения поставленных задач.

## 2. Обзор требований к СПО

При разработке ПО проектирование и документирование требований имеет большую важность, так как документ, который получается в результате, служит ориентиром на начальных этапах разработки. Требования можно разделить на несколько типов: функциональные требования; требования к надежности; требования к интерфейсу; системные требования.

Список типов требований может быть расширен, однако для разработки данного СПО было принято решение не усложнять классификацию требований и использовать вышеописанные четыре типа требований. Первоначальная разработка требований проводится на этапе постановки задачи на разработку СПО. Однако, в ходе дальнейшего анализа системы, в которой будет работать СПО, и заинтересованных сторон, могут быть выявлены дополнительные требования. Более того, после детального анализа, некоторые из требований могут быть отменены. Таким образом, разработка требований проводится на всех этапах проектирования СПО.

Функциональные требования описывают базовый функционал приложения. К разрабатываемому приложению предъявляются следующие функциональные требования: приложение должно обеспечивать ввод параметров готовых изделий и тары; автоматически выполнять расчет параметров, которые нельзя получить путем измерения, самостоятельно строить оптимальную схему размещения коробок на таре, выполнять расчет количества коробок, тары и других материалов, которые необходимы для упаковки продуктов, выполнять автоматическую подготовку документов, которые нужны для отчетов и контроля процесса.

Требования к надежности СПО это те требования, выполнение которых обеспечивает на-

дежность работы программы, эффективность ее работы при нарушении идеальных условий, а также безопасность хранимых данных. К надежности разрабатываемого СПО предъявляются следующие требования, которые связаны с проверкой действий пользователя: приложение должно проверять форматы введенных пользователем данных и, при неверном формате, самостоятельно преобразовывать данные в нужный формат; приложение не должно осуществлять связи через локальную и глобальную сеть, в целях предотвращения утечки информации.

Требования к интерфейсу описывают расположение основных элементов графического интерфейса СПО. Основные из них – простота освоения и эргономичность. При этом, вводятся следующие ограничения: интерфейс состоит из одного окна, в котором находятся поля ввода параметров основных объектов и поля вывода рассчитываемых программой данных; интерфейс должен обладать удобным рабочем полем, на котором изображается оптимальная схема размещения коробок на паллете.

К программным требованиям относятся те, выполнение которых обеспечит корректную работу программы на целевых устройствах и взаимодействие с необходимым программным обеспечением. Разрабатываемое программное обеспечение должно корректно работать при следующих условиях: на компьютере установлена операционная система Windows 95 или более поздняя версия; частота процессора компьютера не меньше 233 МГц; оперативная память не меньше 64 Мб; само программное обеспечение не должно занимать больше 10 Мб; приложение должно исправно работать без инсталляции.

## 3. Анализ потенциальных пользователей

Анализ заинтересованных сторон имеет большую важность при разработке любого нового продукта, это утверждение справедливо и для ПО. Он позволяет выделить стороны, которые имеют позитивный и негативный интерес к разрабатываемому продукту, оценить степень их важности для развития продукта, а также оценить степень их влияния на процесс разработки и среду, в которой данный продукт предположительно будет функционировать. В ходе анализа заинтересованных сторон были выявлены следующие стороны, которые имеют позитивный интерес к разрабатываемому СПО и представлены ниже. Был проведен опрос данных сторон путем собеседования и личных встреч, в результате чего были установлены дополнительные требования к СПО.

Руководство полиграфического предприятия имеет позитивный интерес к разрабатываемому СПО, так как хочет получить программу для ускорения и повышения эффективности работы отделов логистики и самого процесса доставки готовой продукции.

Менеджеры отделов логистики являются непосредственными пользователями проектируемого СПО. Они также имеют позитивный интерес к разрабатываемому ПО, так как хотят получить программу, которая избавит их от рутинных операций, а также позволит автоматизировать некоторые этапы их работы, которые требуют повышенной внимательности и много времени на обработку. Эта информация еще раз доказывает то, что интерфейс программы должен быть простым для понимания.

Также в ходе бесед с менеджерами было установлено, что для простоты использования необходимо разделить интерфейс программы на три столбца — для вводимых данных, выводимых и графического поля соответственно. Кроме этого в ходе беседы было выявлено, что некоторые расчеты, проводимые менеджерами по определенным формулам, могут быть скорректированы ими из личных соображений. Этот факт требует обеспечения возможности корректировки определенных параметров после автоматического расчета.

Начальники переплетных цехов, складов готовой продукции и мастера бригад грузчиков имеют позитивный интерес к разрабатываемому СПО, несмотря на то, что не используют его непосредственно. Они заинтересованы в том, чтобы получить простой и понятный документ, который четко будет регламентировать их действия и действия рабочих. Это требует разработки простого шаблона для отчетных документов, которые будут генерироваться программой. Простой и однообразный шаблон позволит передавать в цех и на склады документы в едином понятном формате и предотвратит возможность неоднозначной трактовки документа.

#### **4. Анализ существующих моделей и методов решения поставленной задачи**

Анализ аналогов во многих процессах разработки продукта проводится на первом этапе — до анализа заинтересованных сторон и проектирования требований. Однако в данной работе анализ аналогов вынесен на более поздний этап, что позволяет сначала определить и проанализировать все необходимые требования и целевую аудиторию ПО, а затем, на основе полученных данных, провести поиск аналогов программ, которые могут соответствовать данным требованиям и решают вышеопределенные задачи. В основу разработки программного обеспечения положено не написание кода, а решение четко определенных задач. В том случае, если для решения данных задач уже разработано программное обеспечение, то необходимость писать точно такое же СПО отпадает, в данном случае необходимо указать заказчику на то, что такое СПО уже существует или провести повторный анализ и выявить дополнительные требования и задачи, для которых еще не существует решения.

В рамках данной работы был проведен анализ многих СПО. В результате были выявлены программы, которые решают аналогичные

задачи и обладают рядом дополнительных функций. Однако, в силу нескольких причин, было принято решение о продолжении разработки. Эти причины приведены ниже.

Все проанализированные программы приспособлены для использования в рамках производственных предприятий различных типов. По данной причине их интерфейс является слишком сложным и не соответствует требованию о простоте, которое было получено в ходе аудита менеджеров отдела логистики. Разработка нового СПО позволит полностью приспособить его к особенностям целевого предприятия.

Среди проанализированного СПО существуют программные продукты, которые позволяют сконфигурировать интерфейс и шаблоны для документов и, тем самым, приспособить их к условиям предприятия. Однако, данные программы включают в себя множество дополнительных функций, которые увеличивают стоимость СПО, но не будут использованы на предприятии. Данные особенности стали причиной того, что руководством предприятия было принято решение, не использовать данные СПО.

Кроме этого, многие программы имеют мощные редакторы для построения маршрутов и обеспечения логистики, что существенно повышает их стоимость. Данное повышение стоимости не является обоснованным, так как на целевом предприятии уже используется специальное собственное СПО, которое предназначено для расчета маршрутов.

Было принято решение продолжить проектирование СПО и его разработку, учитывая сложившуюся ситуацию.

#### **5. Формализация требований к системе**

Для разработки программного обеспечения, которое функционирует в рамках предприятия, важным является определение контекста, в рамках которого будет функционировать приложение. Контекстом называется часть окружения системы, необходимая для понимания системы и ее требований. В данный контекст входят: процессы, которые системе необходимо отслеживать и управлять; объекты на предприятии и за его пределами, имеющие важность для работы рассматриваемой системы; действующие лица и алгоритмы их действий. Принято разделять контекст системы на предметную область и область решения. К предметной области относятся: заинтересованные лица, бизнес процессы, законы. К области решения относится то, что имеет прямое влияние на разрабатываемое СПО, а именно: разработчики, системное СПО, аппаратное обеспечение.

Особенностью любой системы являются ее границы, описывающие области системы, на которые влияет разрабатываемое СПО, области системы на которые СПО не способно повлиять, но которые могут влиять на него, а также области системы, которые не имеют влияния на СПО и не испытывают влияния с его стороны.

По результатам проведенного анализа системы и ее границ очевидно, что разрабатываемое приложение будет функционировать в контексте целевого полиграфического предприятия, физические, правовые и технические границы которого описывают границы всей системы. Целевое полиграфическое предприятие изготавливает книги в твердом и мягком переплете любой сложности, имеет собственный парк допечатного оборудования, ролевых и листовых печатных машин, парк после печатного оборудования.

Предприятие имеет несколько складов для производственных материалов и несколько кладов для хранения готовой продукции, в том числе и один склад непосредственно на территории предприятия. В состав предприятия входят отдел реализации, издательство и отдел допечатной подготовки оригинал-макетов. Для управления предприятием есть отделы управления производством, коммерческий отдел, отдел логистики и снабжения, транспортная служба, службы инженеров, бухгалтерия, юридический отдел. Все отделы, их функции и процессы, а также объекты и люди, функционирующие в них, находятся в пределах границы системы.

Анализ задач СПО и целевого предприятия позволяет очертить и формализовать границы системы, в рамках которых будет функционировать программа. Были выделены 3 области: область системы, деятельность объектов которой не соприкасается с задачами СПО; область системы, деятельность объектов которой влияет на СПО; область системы в которой деятельность объектов и СПО влияют друг на друга.

В пределах границ той части системы, которая имеет влияние на программу, находятся: отделы снабжения и логистики; производственные отделы, которые осуществляют упаковку готовой продукции; склады готовой продукции, транспортная служба. Сюда же входят: начальники отделов и их персонал; материалы и оборудование для перевозки; процессы упаковки и транспортировки грузов, учета материалов и количества груза. В эту часть предметной области входят сведения о материалах и таре, которые используются при упаковке продукции. За пределами данной области находятся те части системы, которые не соприкасаются с разрабатываемым СПО.

В области системы, на которую разрабатываемое СПО будет влиять, находятся: процесс расчета тары и материалов, необходимых для упаковки и транспортировки готовой продукции; процесс построения схемы размещения груза на таре; процесс формирования документов для упаковки; документы для упаковки; параметры коробок.

## 6. Анализ предметной области

Перед работой непосредственно над приложением необходимо выполнить анализ процессов, которые имеют влияние на разрабатываемый продукт, но на которые продукт не способен повлиять. Это позволит спроектировать программу таким

образом, чтобы она максимально удовлетворяла требованиям. В данной работе нас интересует процесс упаковки и транспортировки готовой продукции. Анализ процесса позволяет выделить объекты и подпроцессы, что важно при разработке СПО.

Готовая продукция, исходя из особенностей предприятия, представляет собой: книги, журналы, брошюры. Данные объекты в процессе упаковки собираются в пачки, работниками цеха. Пачка — это объединённое вместе некоторое количество одинаковых объектов. Далее пачка заворачивается в упаковочный материал или же складывается в коробки. Коробка — это емкость для транспортировки продукции в форме параллелепипеда, стенки и крышки которой выполнены из гофрокартона. При этом вес заполненной коробки не должен превышать 15 кг, и не должен быть слишком мал, в целях экономии гофрокартона [5]. Все коробки складываются на паллете. Грани сложенных коробок не должны выступать за пределы периметра паллеты. Паллета (поддон) — прямоугольная деревянная или металлическая платформа, которая используется для хранения, перевозки и перегрузки грузов.

Коробки, уложенные в одной плоскости, называются «слоем». Слои коробок, ложатся друг на друга, при этом увеличивают вес и высоту загруженной паллеты. На сам поддон также накладываются ограничения по весу и высоте. Однако эти ограничения регламентируются транспортными компаниями, которые и осуществляют перевозку продукции к месту назначения. В случае осуществления перевозки целевым предприятием, к данным ограничениям добавляются требования, связанные с габаритами транспорта и контейнеров.

Коробки в слоях должны размещаться так, чтобы коробки верхнего слоя перекрывали собой пространство между коробками нижнего слоя. Такой порядок повышает устойчивость коробок на поддоне, что имеет большое значение при транспортировке в автомобиле и на грузовом судне.

Груженная паллета далее комплектуется углами из прочного картона, накрывается специальной крышкой, которая по периметру должна совпадать с периметром поддона, оборачивается полимерной пленкой и затягивается полимерными ремешками. Далее паллеты погружаются в грузовой отсек транспорта или контейнер в один или в несколько рядов.

Анализ вышеописанного процесса позволяет выделить систему объектов, параметры которых вводятся пользователем в программу или рассчитываются программой автоматически. Данная система и ее составляющие могут быть описаны следующим образом:

$$t = \{b_1, b_2, \dots, b_n\} \quad (1)$$

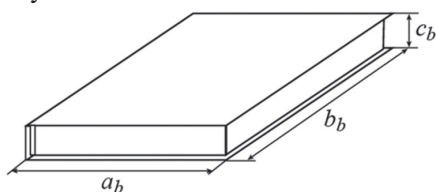
$$k_f = \{t, k\} \quad (2)$$

$$l = \{k_{f1}, k_{f2}, \dots, k_{fn}\} \quad (3)$$

$$p_f = \{p, l_1, l_2, \dots, l_n\} \quad (4)$$

где:  $b$  — книга,  $t$  — пачка книг,  $k$  — коробка,  $k_f$  — укомплектованная коробка,  $p$  — паллета,  $l$  — слой коробок,  $p_f$  — укомплектованная паллета.

Книга является готовым изделием, параметры которого замеряются технологом и сообщаются менеджерам отдела логистики. Менеджер самостоятельно должен внести данные параметры в программу.



$a_b$  - ширина книги  
 $b_b$  - высота книги  
 $c_b$  - толщина книги

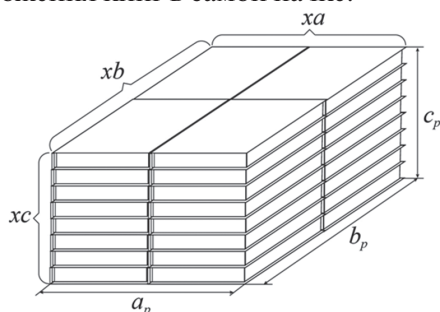
Рис. 1. Схематическое изображение книги

Таблица 1

Параметры книги

| Название параметра | Значение               |
|--------------------|------------------------|
| ширина ( $a_b$ )   | вводится пользователем |
| высота ( $b_b$ )   | вводится пользователем |
| толщина ( $c_b$ )  | вводится пользователем |
| вес ( $m_b$ )      | вводится пользователем |
| тираж ( $T$ )      | вводится пользователем |

Параметры пачки также рассчитываются автоматически исходя из параметров книги и способа расположения книг в самой пачке.



$a_p$  - ширина пачки  
 $b_p$  - длина пачки  
 $c_p$  - высота пачки  
 $x_a$  - количество книг по ширине  
 $x_b$  - количество книг по длине  
 $x_c$  - количество книг по высоте

Рис. 2. Схематическое изображение пачки книг

Таблица 2

Параметры пачки

| Название параметра                          | Значение               |
|---------------------------------------------|------------------------|
| количество книг в пачке по ширине ( $x_a$ ) | вводится пользователем |
| количество книг в пачке по длине ( $x_b$ )  | вводится пользователем |
| количество книг в пачке по высоте ( $x_c$ ) | вводится пользователем |
| ширина пачки книг ( $a_p$ )                 | программный расчет     |
| длина пачки книг ( $b_p$ )                  | программный расчет     |
| высота пачки книг ( $c_p$ )                 | программный расчет     |
| вес пачки ( $m_p$ )                         | программный расчет     |
| количество пачек ( $n_p$ )                  | программный расчет     |

Некоторые параметры пачки рассчитываются программой по следующим формулам

$$a_p = x_a \times a_b, \quad (5)$$

$$b_p = x_b \times b_b, \quad (6)$$

$$c_p = x_c \times c_b, \quad (7)$$

$$m_p = m_b \times x_a \times x_b \times x_c, \quad (8)$$

$$n_p = \left\lceil \frac{T}{x_a \times x_b \times x_c} \right\rceil. \quad (9)$$

Пустая коробка является контейнером для книг. Менеджер должен указать толщину материала, из которого изготавливается коробка. Также необходимо ввести «допуск» – расстояние между сторонами книг и внутренними сторонами коробки. Так как коробки изготавливаются на заказ, то это позволит учесть погрешность размеров коробки при их изготовлении. Параметры коробки будут вычислены исходя из введенных параметров коробки и рассчитанных габаритов пачки.

Таблица 3

Параметры коробки

| Название параметра               | Значение               |
|----------------------------------|------------------------|
| вес пустой коробки ( $m$ )       | вводится пользователем |
| вес полной коробки ( $m_f$ )     | программный расчет     |
| ширина материала коробки ( $d$ ) | вводится пользователем |
| допуск ( $d_i$ )                 | вводится пользователем |
| ширина коробки изнутри ( $a_i$ ) | программный расчет     |
| длина коробки изнутри ( $b_i$ )  | программный расчет     |
| высота коробки изнутри ( $c_i$ ) | программный расчет     |
| ширина коробки снаружи ( $a_o$ ) | программный расчет     |
| длина коробки снаружи ( $b_o$ )  | программный расчет     |
| высота коробки снаружи ( $c_o$ ) | программный расчет     |
| количество коробок ( $n$ )       | программный расчет     |

Некоторые параметры коробки рассчитываются программой по следующим формулам

$$m_f = m_p \times m, \quad (10)$$

$$a_i = a_p + 2d_i, \quad (11)$$

$$b_i = b_p + 2d_i, \quad (12)$$

$$c_i = c_p + d_i, \quad (13)$$

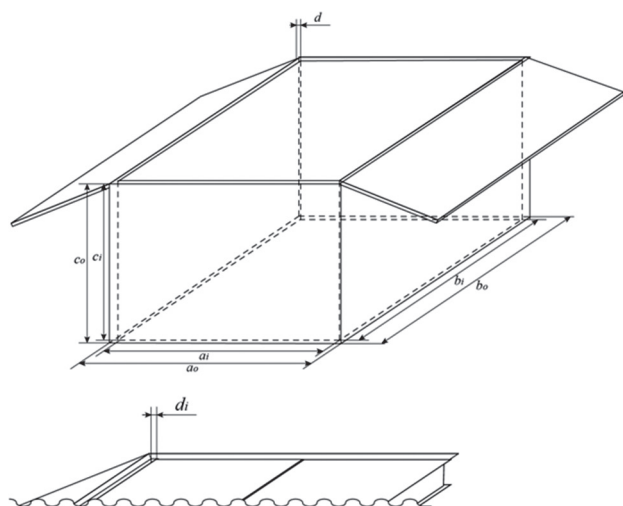
$$a_o = a_i + 2d, \quad (14)$$

$$b_o = b_i + 2d, \quad (15)$$

$$c_o = c_i + 2d, \quad (16)$$

$$n = n_p. \quad (17)$$

Параметры пустой паллеты также вручную заносятся в программу и зависят от ее физических характеристик. От ширины и длины паллеты зависит способ размещения коробок, также данные параметры вместе с весом и высотой влияют на параметры укомплектованного поддона.



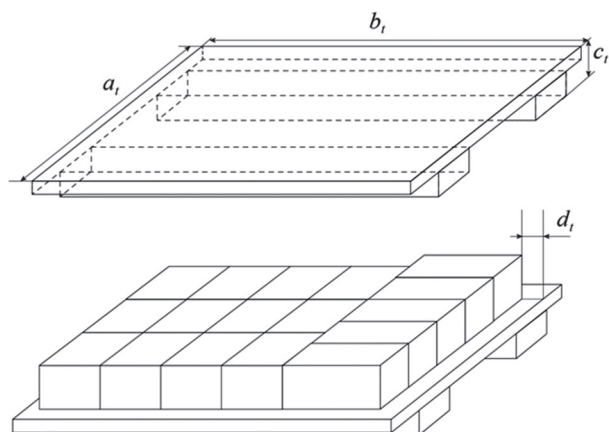
$a_i$  - внутренняя ширина коробки  
 $a_o$  - внешняя ширина коробки  
 $b_i$  - внутренняя длина коробки  
 $b_o$  - внешняя длина коробки  
 $c_i$  - внутренняя высота коробки  
 $c_o$  - внешняя высота коробки  
 $d$  - ширина материала  
 $d_i$  - допуск

Рис. 3. Схематическое изображение коробки

Таблица 4

Параметры пустой паллеты

| Название параметра       | Значение               |
|--------------------------|------------------------|
| ширина паллеты ( $a_l$ ) | вводится пользователем |
| длина паллеты ( $b_l$ )  | вводится пользователем |
| высота паллеты ( $c_l$ ) | вводится пользователем |
| вес паллеты ( $m_l$ )    | вводится пользователем |
| допуск ( $d_l$ )         | вводится пользователем |



$a_l$  - ширина паллеты  
 $b_l$  - длина паллеты  
 $c_l$  - высота паллеты  
 $d_l$  - допуск

Рис. 4. Схематическое изображение паллеты

Слой коробок на паллете также является отдельным объектом. Количество коробок в слое рассчитывается автоматически исходя из схемы размещения их на паллете.

Имеет смысл считать полностью укомплектованную паллету за отдельный объект, так как она имеет свои уникальные характеристики и совмещает в себе все остальные вышеперечисленные объекты.

Таблица 5

Параметры укомплектованной паллеты

| Название параметра                         | Значение               |
|--------------------------------------------|------------------------|
| количество слоев ( $l$ )                   | вводится пользователем |
| количество коробок на паллете ( $n_{pl}$ ) | программный расчет     |
| высота паллеты ( $c_{fl}$ )                | программный расчет     |
| вес на паллете ( $m_n$ )                   | программный расчет     |
| вес полной паллеты ( $m_{fl}$ )            | программный расчет     |
| количество паллет ( $n_l$ )                | программный расчет     |

Параметры, указанные в данной таблице, рассчитываются по следующим формулам

$$n_{pl} = l \times n_{pl}, \quad (18)$$

где:  $n_{pl}$  — количество коробок в одном слое.

$$c_{fl} = l \times c_o + c_i, \quad (19)$$

$$m_n = n_{pl} \times m_f, \quad (20)$$

$$m_{fl} = m_n + c_i, \quad (21)$$

$$n_l = \left\lfloor \frac{n}{n_{pl}} \right\rfloor. \quad (22)$$

Вышеописанный анализ процесса и объектов позволяют четко сформулировать задачи и подзадачи, которые СПО необходимо решать в контексте целевого предприятия. На основе полученной информации становится возможным спроектировать модель использования системы, которая является основой для построения интерфейса.

## 7. Разработка модели использования СПО

Существует несколько подходов для построения модели использования системы. Сценарный подход берет за основу всевозможные сценарии работы пользователей с системой. Пользователями могут выступать физические лица, а также сторонние программы и сервисы, которые взаимодействуют с разрабатываемым СПО. Существует также функциональный подход, который предполагает построение четкой иерархии реализуемых функций, путем их декомпозиции. Функциональный подход позволяет тщательно проработать функционал системы, не вдаваясь в роли ее пользователей. Данный подход не применим к сложному СПО, модель пользования которым включает в себя несколько типов пользователей со своими пакетами сценариев. Однако в ходе анализа заинтересованных сторон, было выявлено, что для разрабатываемого СПО существует только один тип пользователя, а именно — менеджеры отдела логистики. Остальные же заинтересованные лица, должны получать необходимую информацию через документы, генерируемые системой и не являются

прямыми ее пользователями. Кроме того, программа имеет только один сценарий использования, поэтому для построения модели использования был выбран функциональный подход.

В ходе построения модели использования СПО была построена схема по стандарту ISO 5807:1985 [6].

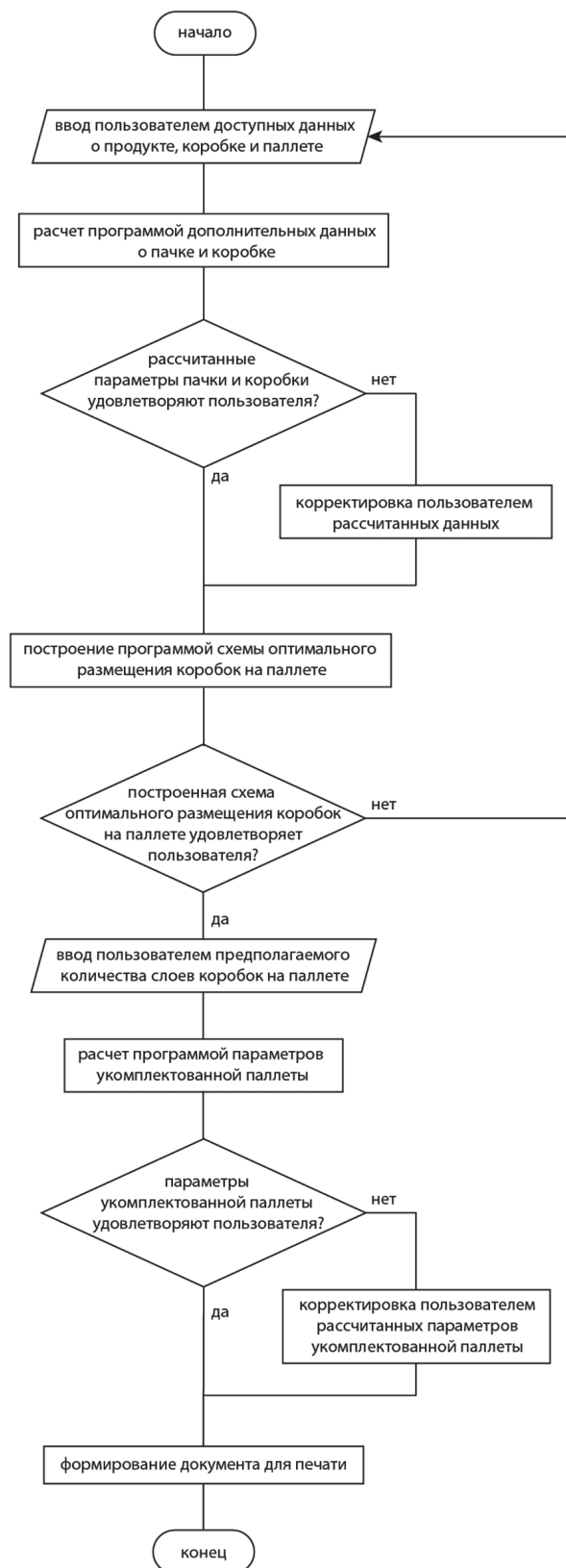


Рис. 5. Алгоритм работы с программой

Схема описывает весь процесс работы пользователя с программой и разделяется на следующие подпроцессы:

- ввод пользователем доступных данных о продукте, коробке и паллете;
- расчет программой дополнительных данных о пачке и коробке;
- корректировка пользователем рассчитанных данных (при необходимости);
- построение программой схемы оптимального размещения коробок на паллете;
- ввод пользователем предполагаемого количества слоев коробок на паллете;
- расчет программой параметров, укомплектованной паллеты;
- корректировка пользователем рассчитанных данных (при необходимости);
- формирование документа для печати.

Данная схема достаточно проста для понимания. Приложение, которое работает по предложенному алгоритму является интуитивно понятным и комфортным для работы.

Необходимо создать прототип графического интерфейса приложения исходя из схемы процесса взаимодействия пользователя с программой и алгоритма ее работы. Данный подход позволяет спроектировать графический интерфейс, который полностью соответствует проработанному сценарию работы и имеет все необходимые графические компоненты.

## 8. Разработка прототипа графического интерфейса

Графический интерфейс пользователя — разновидность пользовательского интерфейса, в котором, представленные пользователю на дисплее, выполнены в виде графических изображений. Интерфейс приложения должен быть разделен на части исходя из требований, сформированных на начальном этапе проектирования.



Рис. 6. Размещение блоков графического интерфейса

В первой части должны быть расположены поля ввода первоначальных данных. В этой части должны находиться поля ввода параметров книги, пачки, коробки, а также паллеты (имеются ввиду те параметры объектов, которые не могут быть рассчитаны ПО), что исходит из данных, полученных

в ходе анализа системы. Для больше наглядности было принято решение разделить данный блок на соответствующие подблоки.

Схема блока графического интерфейса для ввода данных, состоящая из трех подблоков:

- Книга** (подблок для ввода параметров продукта):
  - ширина
  - высота
  - толщина
  - вес
  - тираж
- Коробка** (подблок для ввода параметров коробки):
  - X по ширине
  - X по длине
  - X по высоте
  - вес коробки
  - толщина
  - допуск
- Паллета** (подблок для ввода параметров паллеты):
  - ширина
  - длина
  - высота
  - вес
  - допуск

Рис. 7. Блок графического интерфейса для ввода данных

Во второй части должны находиться поля вывода рассчитанных параметров пачек, коробок и укомплектованной паллеты, а также кнопки расчета и построения оптимальной схемы размещения коробок соответственно. Модель использования СПО предполагает то, что пользователь сначала должен рассчитать параметры пачки и коробки. Далее ему необходимо дать возможность подкорректировать рассчитанные программой данные и, на основе этих данных, построить схему размещения коробок, а также рассчитать параметры укомплектованной паллеты. По данной причине было принято решение разделить данный блок полей на два подблока.

В первом подблоке находятся поля вывода параметров пачки и коробки и кнопка расчета данных параметров. После их расчета пользователь может изменить полученный результат, данный результат используется в последующих расчетах.

Во втором подблоке находится поле вывода количества коробок в слое, кнопки рисования оптимальной схемы размещения коробок на паллете и очистки поля. В нем же находятся поля вывода параметров укомплектованной паллеты, а ниже — расположены кнопки для расчета, формирования документа и сохранения изображения схемы распределения коробок на паллете. Для облегчения восприятия информации было принято решение назначить полям, в которые выводится рассчитываемая информация голубой цвет.

При анализе процесса упаковки была выявлена следующая особенность. В реальном процессе упаковки могут быть укомплектованы неполные пачки, которые содержат в себе меньшее количество

экземпляров продуктов, определенное в стандартной пачке для данного заказа. Это же утверждение справедливо и для укомплектованных поддонов, которые не всегда содержат в себе число коробок, стандартное для паллета в данном заказе. Было принято решение создать дополнительные поля, которые не видны пользователю изначально, но проявляются при условии появления неполных пачек и паллет. Эти поля располагаются в нижних частях обоих подблоков и содержат в себе количество неполных коробок и поддонов при условии их возникновения.

Схема блока графического интерфейса для вывода данных, включающая:

- Поля для параметров пачки: габариты пачки (ширина, длина, высота), коробка внутри, коробка снаружи, вес пачки, вес полной коробки, всего книг в пачке, всего пачек, толщина, вес, количество пачек.
- Поля для параметров коробки: вес пачки, вес полной коробки, всего книг в пачке, всего пачек, толщина, вес, количество пачек.
- Поля для параметров паллеты: количество пачек, расчет, количество слоев, количество коробок в паллете, высота паллеты, вес на паллете, вес полной паллеты, количество паллет.
- Кнопки: расчет, таблица, сохр. изобр.
- Графическое поле для визуализации схемы размещения.

Рис. 8. Блок графического интерфейса для вывода данных

Третья часть интерфейса должна занимать все оставшееся место на экране и вмещать в себя графическое поле для изображения схемы оптимального размещения паллет на коробке. Как было описано выше, кнопки рисования и очистки должны быть расположены в соседнем блоке для улучшения эргономических характеристик интерфейса.

Прототип графического интерфейса ПО, состоящий из:

- Блока ввода данных (Книга, Коробка, Паллета).
- Блока вывода данных (результаты расчетов, кнопки).
- Графического поля для визуализации схемы размещения.

Рис. 9. Прототип графического интерфейса ПО

## 9. Разработка шаблона документа

Ранее оговаривалось то, что ПО должно обладать возможностью создавать документ, который может быть распечатан и использован в отчете о проделанной работе или передан мастерам цеха в качестве информации для упаковочных и транспортных работ. При анализе заинтересованных сторон и их требований было выявлено, что начальники переpletных цехов и складов с готовой продукцией, хотят получить от программы простой и понятный документ, который может четко регламентировать их действия и действия рабочих.

Данный документ должен содержать номер, код и название заказа, для его идентификации. Также в документе необходимо изобразить схему размещения коробок на паллете, для того что бы персонал цехов имел наглядное представление своей цели, и мог, ориентируясь на нее, быстро подготовить продукцию к транспортировке. Кроме этого в документе должна быть указана информация о габаритах и весе книг, коробок, укомплектованной паллеты.

|                                                              |                    |       |   |   |         |      |
|--------------------------------------------------------------|--------------------|-------|---|---|---------|------|
| № заказа<br>Наименование<br>Заказчик                         | Книга (парам)      | 0     | x | 0 | x       | 0    |
|                                                              | вес книги          | 0.000 |   |   |         | кг   |
| Изображение схемы оптимального размещения коробок на паллете | тираж              | 0     |   |   |         |      |
|                                                              | книг в пачке       | 0     |   |   |         |      |
|                                                              | всего пачек        | 0     |   |   |         |      |
|                                                              | из них: полных     | 0     |   |   |         |      |
|                                                              | + 1 непоня         | 0     |   |   |         | книг |
|                                                              | Пачка/Коробка      |       |   |   |         |      |
|                                                              | размер пачки       | 0     | x | 0 | x       | 0    |
|                                                              | коробка (внутр)    | 0     | x | 0 | x       | 0    |
|                                                              | коробка (внешн)    | 0     | x | 0 | x       | 0    |
|                                                              | вес полной коробки | 0     |   |   |         | кг   |
|                                                              | Паллета            | 0     | x | 0 |         | мм   |
|                                                              | коробок в слое     | 0     |   |   |         |      |
|                                                              | количество слоев   | 0     |   |   |         |      |
|                                                              | коробок на паллете | 0     |   |   |         |      |
|                                                              | высота паллеты     | 0     |   |   |         | мм   |
| вес коробок на паллете                                       | 0                  |       |   |   | кг      |      |
| вес полной паллеты                                           | 0                  |       |   |   | кг      |      |
| количество паллет                                            | 0                  |       |   |   |         |      |
| из них: полных                                               | 0                  |       |   |   |         |      |
| + 1 непоня                                                   | 0                  |       |   |   | коробок |      |

Рис. 10. Шаблон документа

Формируемый документ должен иметь возможность быть открытым и отредактированным в приложениях, которые используются на предприятии, а именно – Microsoft Word и Microsoft Excel. Поэтому было принято решения формировать исходный документ в формате xls, который может быть отредактирован в Microsoft Excel.

## 10. Обоснование выбора программных средств

Перед написанием кода необходимо определить язык программирования, на котором планируется написать код. Язык программирования – формальный язык, предназначенный для записи компьютерных программ. Язык программирования определяет набор лексических, синтаксических и семантических правил, определяющих внешний вид программы и действия, которые выполнит исполнитель под её управлением [7, 8]. СПО должно работать на операционной системе

Microsoft Windows 95 и выше исходя из программных требований. По этой причине было решено использовать язык программирования C#, который активно разрабатывается корпорацией Microsoft и имеет множество Фреймворков и библиотек, облегчающих интеграцию разрабатываемых приложений и продуктов Microsoft.

Приложение имеет графический интерфейс пользователя, в качестве графической оболочки которого, был выбран Windows Forms. Windows Forms – интерфейс программирования приложений, отвечающий за графический интерфейс пользователя. Он помещает в управляемый код стандартные элементы управления Windows, доступные благодаря Win32 API [9].

Для облегчения процесса разработки следует воспользоваться библиотекой для формирования документов. Выбор языка C# предоставляет возможность использования COM библиотек, для подобных целей.

СПО имеет простую архитектуру в силу простоты своей функциональности. Код разделен на два основных слоя: логика, визуализация. Данный подход позволит, при необходимости, использовать бизнес логику приложения отдельно от интерфейса в качестве библиотеки.

В слое логики расположена вся бизнес-логика приложения, он содержит в себе следующие динамические классы: книга, пачка, коробка, паллета, полная паллета. Экземпляры данных классов создаются при запуске программы и содержат в себе поля, которые были описаны ранее в таблицах, значения в данных полях заполняются по мере выполнения расчетов. Также в данном слое находится статический класс формирующий документ в формате xls.

В слое визуализации располагается статический класс, связывающий бизнес-логику приложения и элементы графического интерфейса. Выделение визуализации в отдельный слой усложняет понимание кода, однако открывает возможность использования другого интерфейса пользователя без необходимости переписывать бизнес-логику приложения.

## Выводы

В данной работе был описан процесс разработки программного обеспечения для оптимизации упаковки готовой продукции на полиграфическом предприятии. Данное приложение позволяет повысить эффективность упаковочных и транспортных работ на предприятии; освобождает менеджеров отдела логистики от рутинных операций; предоставляет начальникам производственных отделов, складов и всего предприятия простой и понятный документ с необходимой информацией.

**Список литературы:** 1. Reengineering relational database on analysis functional dependent attribute Authors Filatov, V., Radchenko, V. Year the Document was Publish 2015 Source

of the Document Proceedings of the International Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2015 c. 85-87 **2.** Wireless microwave system study for remote monitoring of environmental parameters Filatov, V.A., Smolskiy, S.M. Year the Document was Publish 2014 Source of the Document CriMiCo 2014 - 2014 24th International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology, Conference Proceedings c. 970-971 **3.** Means of integration of heterogeneous data corporate information and telecommunication systems Authors of Document Filatov, V.A., Rudenko, D.A., Grinyova, E.E. Year the Document was Publish 2014 Source of the Document CriMiCo 2014 - 2014 24th International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology, Conference Proceedings c. 399-400 **4.** Автоматизированные информационные системы и технологии в экономике и управлении: Учебник / Под ред. Трофимова В.В. — М.: Юрайт, 2012. — 542 с. **5.** Ефремов Н.Ф. Тара и ее производство / Н.Ф. Ефремов — Москва: МГУП, 2001. — 312 с. **6.** ISO 5807:1985 Information processing — Documentation symbols and conventions for data, program and system flowcharts, program network charts and system resources chart **7.** ISO/IEC/IEEE 24765:2010 Systems and software engineering — Vocabulary **8.** ISO/IEC 2382-1:1993, Information technology — Vocabulary — Part 1: Fundamental terms **9.** Шикуть, А. В. Использование графического интерфейса в приложениях на C++ в решении задач вычислительной математики / А.В. Шикуть, Б.К. Аристов // Инженерный вестник ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". — 2014. — №12. — С. 1024-1034.

#### Resume

I.O. Chekanov, A.V. Grigoriev

#### DEVELOPMENT OF PROGRAM FOR OPTIMIZATION OF PRODUCT PACKAGING IN THE PRINTING COMPANY

**Background:** The questions of external and internal logistics are universally solved by manufacturing enterprises. Internal logistics refers to the movement of objects within the enterprise, to the external - the movement of objects outside of it. In the context of logistics, it is also necessary to solve the tasks of optimal place-ment of goods on transporting platforms, allocate vehicles and containers, perform

corresponding calculations of materials and resources that are required to ensure transportation.

All of these problems are present in printing enterprises, since they belong to the category of manufacturing enterprises. The development of production, enterprises and commodity turnover — is the reason for the increasing complexity of logistics and related tasks, which makes it important to conduct research and develop specialized software for facilitating and improving the efficiency of solving the above-described questions.

**Materials and methods:** In context of this paper, an analysis of the system was carried out, the steps of analysis are taken from the Quaid method. The task was to create an application to optimize the placement of boxes with finished products on a pallet. As part of the research was carried out of collecting information, identify alternative software products and tools for solving this problem.

The system, which consists of internal logistics processes and the objects participating in them was dismantled on the example of the active printing company. Key parameters of these objects which influence the system and processes were identified. Technologies were chosen and the software application development process was built at the implementation stage.

Since the implementation of this application is beyond the scope of work, the stage of confirmation and the experimental verification of the solution is not described.

**Results:** The algorithm for packaging of finished products in printing enterprise was analyzed, basic concepts were singled out. The process of creating application for optimizing the packaging of finished products at a polygraphic enterprise and calculating the quantity and parameters of packaging and tare, has been developed. The importance of this application for the activity of a manufacturing enterprise is substantiated.

**Conclusions:** The application, the development process of which was described in this article, makes it possible to improve the efficiency of packaging and transport operations in the enterprise; relieves managers of the logistics department from routine operations; provides the chiefs of production departments, warehouses and the entire enterprise with a simple and understandable document with the necessary information.

*Поступила в редакцию 22.09.2017*