

ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО И УПАКОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 655.527

Д. М. Медяк, М. С. Колесова

Белорусский государственный технологический университет

СОЗДАНИЕ МИНИМАЛЬНОГО ЗАЩИТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ УПАКОВОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

Упаковочная продукция нуждается в защите от фальсификации, так как с ее помощью осуществляется защита от подделки промышленной продукции. Проблема фальсификации товаров была и остается актуальной в настоящее время, особенно это касается продукции пищевой, фармацевтической и парфюмерно-косметической промышленности. В статье рассматривается создание защитного комплекса для упаковочной продукции, состоящего из ряда защитных технологий. При этом следует учитывать, что применение любой защитной технологии приводит к удорожанию конечного продукта. Поэтому необходимо, чтобы стоимость упаковки с защитными элементами не превышала стоимость упаковываемого товара. Кроме того, применяемые защитные технологии должны быть сбалансированы по видам контроля. Для создания минимального защитного комплекса, соответствующего требованиям, использовался метод математического моделирования — линейное программирование. В качестве целевой функции, стремящейся к минимуму, была взята функция, описывающая удорожание упаковочной продукции. Также на задачу были наложены определенные ограничения, описывающие количество видов контроля, суммарное количество баллов надежности и др. В результате решения задачи было получено одно целочисленное решение. В защитный комплекс вошли следующие виды защит: УФ-красители, термочувствительные краски, металлизированные краски, микрографика, совмещенное изображение, типоофсет, тонирование бумажной массы, нумерация с контрольным разрядом, лакирование. Разработанный комплекс можно использовать для защиты упаковочной продукции с учетом возможностей конкретного производства и условий обращения.

Ключевые слова: фальсификация товаров, защитные технологии, защитный комплекс, индекс защищенности, упаковочная продукция, линейное программирование.

D. M. Medyak, M. S. Kolesova

Belarusian State Technological University

CREATION OF A MINIMUM PROTECTIVE COMPLEX FOR PACKAGING PRODUCTS

Packaging products need protection against falsification, as it helps to protect against counterfeit industrial products. The problem of falsification of goods has been and remains relevant at the present time, especially with regard to the products of the food, pharmaceutical and perfumery and cosmetic industries. The article discusses the creation of a protective complex for packaging products, consisting of a number of protective technologies. It should be borne in mind that the use of any protective technology leads to an increase in the cost of the final product. Therefore, it is necessary that the cost of packaging with protective elements does not exceed the cost of the packaged goods. In addition, the applied protective technologies must be balanced by type of control. To create a minimum protective complex that meets the requirements, the method of mathematical modeling was used linear programming. As an objective function that tends to a minimum, a function describing the rise in price of packaging products was taken. Also, certain restrictions were imposed on the task, describing the number of types of control, the total number of reliability points, etc. As a result of solving the problem, one integer solution was obtained. The protective complex includes the following types of protection: UV dyes, heat-sensitive paints, metallized paints, micro-graphics, a combined image, type-fixing, toning of paper pulp, numbering with control discharge, varnishing. The developed complex can be used to protect packaging products, taking into account the capabilities of a particular production and handling conditions.

Key words: falsification of goods, protective technologies, protective complex, index of security, packaging products, linear programming.

Введение. С фальсификацией товаров потребитель столкнулся с момента появления сначала товарного, а затем и товарно-денежного обмена. Эта проблема остается актуальной и в настоящее время, особенно это касается продукции пищевой, фармацевтической и парфюмерно-косметической промышленности. По данным Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), только за 2013 год количество контрафактных товаров составило 2,5% всего мирового импорта, объем торговли подделками превысил 461 миллиард долларов.

Чаще всего по мнению специалистов подделываются американские, итальянские и французские бренды. ОЭСР провела исследование продукции, на которую поступали жалобы на нарушение прав патентов, товарных знаков и авторских прав (за исключением интернет-пиратства). По итогам исследования выяснилось, что поддельными являются около 5% всех товаров, импортированных на территорию Евросоюза. По приведенной статистике наиболее часто подделкам подвергаются бренды из следующих стран: США (20%); Италии (15%); Швейцарии и Франции (12%); Германии и Японии (8%). «Лидером» по производству поддельной продукции является Китай (63% подделок производится именно там), а также Турция (3,3%), Сингапур (1,9%), Таиланд (1,6%) и Индия (1,2%) [1].

Специалисты ОЭСР составили список наиболее часто фальсифицируемых продуктов питания на планете. Его возглавляют консервированные овощи, порошковое молоко, сливочное и топленое масло, детское питание, растворимый кофе, спиртные напитки [1]. Кроме того, к наиболее часто подделываемым товарам относятся: брендовую косметику и одежду, фармацевтические товары, часы, бытовую технику и электронику, мультимедиа диски и диски с программным обеспечением.

Задача защиты упаковочной продукции состоит в том, чтобы обеспечить условия нецелесообразности подделки, достаточную защиту продукции, и чтобы стоимость упаковки не превышала стоимость упаковываемого товара. То есть стоимость возможной подделки должна превышать экономический эффект от ее применения, что сделает подделку нерентабельной [2]. При создании защитного комплекса для упаковки необходимо использовать комбинации разных форм и видов защиты, нельзя использовать только одну защитную технологию, т. к. тогда проще всего подделать упаковку [3].

Таким образом, при выборе защитного комплекса необходимо принимать во внимание следующую формулу: максимальная надежность + максимальная эффективность + минимальная

цена защитного комплекса. Однако два первых требования, как правило, вступают в противоречие с третьим. Поэтому выбор комплекса защит находится в компетенции специалистов высокого профессионального уровня [4].

Для оценки эффективности выбранного защитного комплекса служит индекс защищенности изделия, который отражает уровень надежности комплекса, степень использования защит различных технологических рядов и видов контроля. По уровню надежности может быть создан комплекс с минимальным, достаточным или высшим индексом защищенности.

Под минимальным индексом защищенности изделия понимается суммарный показатель баллов надежности, не менее 19 баллов для упаковочной продукции, который обязательно включает в себя хотя бы одну защиту из каждого технологического ряда, причем таким образом, чтобы в защитном комплексе присутствовали визуально (не менее 7 баллов), сенсорно (не менее 7 баллов), приборно- (не менее 8 баллов) и лабораторно (не менее 2 баллов) контролируемые защиты [2].

При создании защитного комплекса также необходимо учитывать, что каждый вид защитной технологии обеспечивает определенную степень надежности защиты и может быть проконтролирован одним или несколькими способами контроля (В — визуальный контроль, П — приборный контроль, Л — лабораторный контроль, С — сенсорный контроль), а также имеет разную стоимость [2].

Для сравнения стоимости защитных технологий и материалов используется показатель «удорожание», который отражает увеличение стоимости продукции с применением защитной технологии по отношению к базовой продукции без защитных элементов [2].

Цель данной работы состоит в определении таких защитных комплексов (т. е. сочетаний видов защиты упаковочной продукции), которые обеспечивают выполнение минимального индекса защищенности при минимальном удорожании исходного продукта. Для достижения поставленной цели используется метод математического моделирования — линейное программирование.

Линейное программирование — это задача нахождения экстремума функции при определенных ограничениях на условия решения, которая используется для практических задач по оптимизации производства. Целевая функция и ограничения в этом методе задаются линейными выражениями.

Под целевой функцией понимается показатель производственной деятельности, для которого требуется достижение максимума или

минимума. Практически задача может решаться только при наличии определенных ограничений. Система выражений из целевой функции и ограничений определяет математическую модель задачи линейного программирования [5].

Основная часть. В данной работе ставится задача определить, какие виды защиты необходимо включить в защитный комплекс для упаковочной продукции, чтобы он давал минимальное удорожание исходного продукта, но в то же время обеспечивал минимальный индекс защищенности 19 баллов.

Спецификация защитных технологий, потенциально применяемых в упаковочной продукции, по степени эффективности, видам кон-

троля и стоимостным показателям представлена в виде таблицы.

В задаче целевая функция описывает суммарное удорожание исходного продукта в результате дополнительных расходов на реализацию различных защитных технологий и стремится к минимуму. Целевую функцию можно представить в векторной форме:

$$Q(x) = x \cdot c \rightarrow \min, \quad (1)$$

где Q — суммарное удорожание исходного продукта, %; x — вектор количества защит каждого вида, необходимых для создания комплекса; c — вектор удорожания стоимости исходного продукта от одного применения каждого конкретного вида защиты, %.

Спецификация видов защит

Наименование защиты	Удорожание, %	Надежность, баллы	Способ контроля	Технологический ряд
1. УФ-красители	5	2	П Л	В
2. ИК-красители	5	2	П Л	В
3. Термочувствительные красители	30	3	В П Л	В
4. Флуоресцентные краски	5	2	В П Л	В
5. Светочувствительные краски	30	3	В П Л	В
6. Вспучивающиеся краски	50	3	В П С Л	В
7. Металлизованные краски	5	1	В Л	В
8. Цветопеременные краски	100	3	В Л	В
9. Микрографика	5	2	В П Л	А
10. Гильошные элементы	30	2	В П Л	А
11. Скрытое изображение	30	3	В П Л	А
12. Тангирные сетки	5	1	В П Л	А
13. Цветоделение в меньшую или большую сторону	5	2	В П Л	А
14. Совмещенное изображение	5	2	В П	А
15. Ирисная печать	30	2	В Л	Ф
16. Типоофсет	30	2	В С Л	Ф
17. Высокая печать	30	2	В С Л	Ф
18. Одноуровневый водяной знак	200	3	В	С
19. Тонирование бумажной массы	5	1	В	С
20. Нумерация	30	2	В Л	Д
21. Нумерация с контрольным разрядом	50	3	В П С Л	Д
22. Нумерация защитными красками	5	3	В П С Л	Д
23. Бар-кодирование	100	2	В П С	Д
24. Конгревное тиснение	100	2	В Л	Д
25. Припрессовка фольги	200	3	В Л	Д
26. Голограммы	400	5	В П Л	Д
27. Фигурная высечка	50	1	В Л	Д
28. Ламинирование	50	2	В С Л	Д
29. RFID метки	200	4	В П С Л	Д
30. Лакирование	30	2	В П С	Д
31. QR код	100	2	В П С	Д
32. Просечки, уменьшающие прочность	50	1	В Л	Д
33. Защитные этикетки	5	1	В	Д
34. Термоусадочная этикетка	5	1	В	Д
35. Тара, с элементами, разрушающимися при вскрытии	5	1	В	Д
36. Фигурное клеевое покрытие	100	2	В	Д

Далее на задачу налагается ряд ограничений. Ограничение сверху

$$x \leq 1 \quad (2)$$

предполагает использование каждой защитной технологии в комплексе не более одного раза.

Ограничение снизу включает в себя ряд выражений:

$$b \cdot x \geq 19, \quad (3)$$

где b — степень надежности одного вида защиты, баллы. Ограничение (3) означает, что суммарная надежность всех видов защиты в комплексе должна составить не менее 19 баллов.

Ограничения, приведенные в выражениях (4), свидетельствуют о том, что в защитном комплексе должны быть использованы защиты всех технологических рядов А, В, С, D, E, F:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^8 x_i \geq 1, \sum_{i=9}^{14} x_i \geq 1, \sum_{i=15}^{17} x_i \geq 1, \\ \sum_{i=18}^{19} x_i \geq 1, \sum_{i=20}^{36} x_i \geq 1. \end{aligned} \quad (4)$$

Ограничение (5) показывает, что визуально контролируемые защиты должны составлять в сумме не менее 7 баллов:

$$\sum_{i=3}^{36} (b_i \cdot x_i) \geq 7. \quad (5)$$

В выражении (6) учтено, что сенсорно контролируемые защиты должны в сумме составить не менее 7 баллов:

$$\begin{aligned} b_6 \cdot x_6 + b_{16} \cdot x_{16} + b_{17} \cdot x_{17} + \\ + \sum_{i=21}^{23} (b_i \cdot x_i) + \sum_{i=28}^{31} (b_i \cdot x_i) \geq 7. \end{aligned} \quad (6)$$

Ограничение (7) свидетельствует о том, что приборно-контролируемые защиты должны давать не менее 8 баллов в защитном комплексе:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^6 (b_i \cdot x_i) + \sum_{i=9}^{14} (b_i \cdot x_i) + \sum_{i=21}^{23} (b_i \cdot x_i) + \\ + b_{26} \cdot x_{26} + \sum_{i=29}^{31} (b_i \cdot x_i) \geq 8. \end{aligned} \quad (7)$$

Выражение (8) учитывает, что лабораторно-контролируемые защиты должны быть представлены не менее чем 2 баллами:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{13} (b_i \cdot x_i) + \sum_{i=15}^{17} (b_i \cdot x_i) + \sum_{i=20}^{22} (b_i \cdot x_i) + \\ + \sum_{i=24}^{29} (b_i \cdot x_i) + b_{32} \cdot x_{32} \geq 2. \end{aligned} \quad (8)$$

Кроме того, в задачу вводится условие неотрицательности переменных вида $x \geq 0$.

Совокупность выражений (1)–(8) представляет собой математическую модель поставленной задачи. Решение выполнялось средствами программы Mathcad 15.

В результате решения задачи получено одно целочисленное решение со значением целевой функции $Q = 90\%$, т. е. 1 вариант защитного комплекса. Для создания этого комплекса потребуется использование 9 видов защит, индекс защищенности составит минимально возможную величину 19 баллов. В защитный комплекс вошли следующие виды защит: УФ-красители, термочувствительные краски, металлизированные краски, микрографика, совмещенное изображение, типоофсет, тонирование бумажной массы, нумерация с контрольным разрядом, лакирование.

Однако следует учесть, что защитный комплекс получен исключительно математическим методом и подлежит анализу с технологической и практической точек зрения, т. к. каждая защита имеет свои ограничения по применению или особенности.

УФ-краски — это пигмент, обладающий свечением при воздействии УФ-излучения. Такие краски бывают невидимые, видимые и меняющие цвет, т. е. светятся другим цветом при УФ-излучении. УФ-краски можно использовать при офсетной, трафаретной и других видах печати, создавая качественные изображения и на невпитывающих материалах, что существенно расширяет возможности создания дизайна упаковок. УФ-красочный слой стойкий к химическим и механическим воздействиям, что является большим преимуществом для упаковки. Однако они имеют высокую стоимость по сравнению с обычными красками, и для их использования необходимо дополнительное оборудование и расходные материалы для него (УФ-сушка и лампы). Также УФ-краски обладают таким свойством, как выгорание под действием солнечного света, что является критичным для упаковки, так как многие товары продаются вне помещений. Еще одним недостатком является сложность проверки этой защитной технологии, так как необходима УФ-лампа [2].

Термочувствительные краски реагируют на температуру. Порог чувствительности зависит от области применения, но имеется определенный диапазон температур (15–70°C), что ограничивает использование термокрасок. Краски могут проявляться, становиться невидимыми или менять цвет при определенной температуре. Также не на все виды упаковочной продукции их целесообразно наносить. Например, в

пищевой промышленности такие краски фиксируют, что упакованный продукт в духовой печи или холодильнике достиг нужного теплового режима [6].

Металлизированные краски содержат в составе частицы с металлическим блеском (бронза, серебро, золото). Признаком подлинности, например, для серебристой краски является то, что она выглядит серой и имеет блеск. Они не такие дорогие, поэтому распространены повсеместно, используются активнее остальных и широко применяются для упаковочной продукции [6].

Микрографика представляет собой композиции из тонких графических элементов, мелкие детали которых визуально неразличимы. Самым распространенным видом микрографики является микротекст — строки символов, воспринимаемых человеческим глазом в виде сплошных линий, но читаемых с помощью увеличительных приборов. Микрографика защищает продукцию от копирования и усложняет ее воспроизведение на традиционном полиграфическом оборудовании.

К микрографике можно отнести и изображения, созданные с помощью растров со сложной формой точки, например, в виде многоугольников, звезд и т. п. Также для создания микрографики необходимо специальное оборудование, что значительно усложняет процесс фальсификации [7].

Совмещенное изображение может быть на просвет и краевое. Для упаковки чаще применяется краевое совмещение, когда части изображения размещены на краях одного изделия или нескольких и четко совмещаются. Однако такая технология защиты в основном используется только для группы товаров, например, упаковка для сока RICH [2].

Типоофсет позволяет получать качественные изображения с очень высоким разрешением. Ввиду редкости и большой цены расходных материалов, себестоимость продукции при этом увеличивается, что не оправдывает таких подделок для производства обычных тиражей, но если рассматривать защиту как первостепенную задачу, то такие жертвы могут быть оправданы. Обычно применяется на невпитывающих материалах, например, пластик [8].

Тонирование бумажной массы подразумевает окрашивание бумаги непосредственно в процессе изготовления. В бумажную массу вводятся красители, что делает цвет бумаги стойким и одинаковым как на поверхности, так и на срезе. Но для такой защиты необходимо специальное оборудование, что усложняет процесс подделки и делает его невыгодным [2].

Нумерация — это процесс обозначения изделий меняющимися номерами и сами номера. Кроме защитной функции нумерация выполняет функцию учета и регистрации продукции. Может наноситься полиграфическими методами (обычно высокая печать) или цифровыми. К защитным аспектам можно отнести наличие рельефа высокой печати, использование специальных красок для нанесения номера (УФ-, ИК-краски и др.), использование специальных литер, увеличивающийся кегль. Наличие и правильность нумерации с контрольным разрядом не гарантирует достоверность рассматриваемого номера (в том числе не спасает от действий злоумышленников), но на практике достаточно хорошо оберегает от случайных ошибок [2].

Применение защитной технологии лакирования основано на использовании специальных лаков: УФ-лаки, вспучивающиеся лаки, которые позволяют получать рельефное изображение, и лаки, обладающие специальными оптическими свойствами в видимом свете (металлизированные, перламутровые, люминесцентные). Лакирование широко применяется для защиты и дизайна упаковочной продукции [7].

В разработанном защитном комплексе предлагается использовать три вида красок, помимо основных, что является нецелесообразным, с точки зрения изготовления печатных форм для каждой краски — это трудоемкий, затратный и дорогой процесс. Также необходимо принимать к сведению специфику обращения упаковочной продукции и вид материала, из которого изготовлена сама упаковка, применение некоторых защитных технологий возможно только на упаковке (этикетке) из бумаги или картона (тонирование бумажной массы, лакирование).

Заключение. В работе показано, что для выбора защитного комплекса для полиграфической и упаковочной продукции можно использовать математические методы моделирования. С помощью линейного программирования был получен защитный комплекс, отвечающий требованию минимального индекса защищенности и дающий удорожание исходного продукта на 90%. Анализ данного комплекса показал, что выбранные защитные технологии являются оптимальными с точки зрения защитных свойств и экономической эффективности.

Разработанный защитный комплекс может служить основой для разработки комплекса защиты упаковочной полиграфической продукции с учетом возможностей конкретной полиграфической базы, назначения продукции и условий ее обращения.

Литература

1. Контрафакт: мировая статистика // Онлайн-журнал Attekeexperts. URL: <https://www.centrattek.ru/novosti/1526/> (дата обращения: 03.12.2018).
2. Медяк Д. М., Кулак М. И. Защита полиграфической продукции. Минск: БГТУ, 2013. 86 с.
3. Коншин А. А. Защита полиграфической продукции от фальсификации. М.: Синус, 2000. 160 с.
4. Медяк Д. М. Разработка минимального защитного комплекса полиграфической продукции // Труды БГТУ. Сер. 4, Принт- и медиатехнологии. 2017. № 2. С. 21–28.
5. Юдин Д. Б., Гольштейн Е. Г. Линейное программирование. М.: Физматгиз, 1963. 720 с.
6. Илия С. А. Краски специального назначения // PUBLISH. 2005. № 7. С. 13–17.
7. Гудилин Д. Печатные технологии и защита документов от подделки // КомпьюАрт. 2003. № 11. С. 5–9.
8. Белкин Д. Типоофсет: специфика технологии и приемы допечатной подготовки // Флексо-Плюс. 2004. № 3. С. 19–23.

References

1. *Kontrafakt: mirovaya statistika* [Counterfeit: World Statistics]. Available at: <https://www.centrattek.ru/novosti/1526/> (accessed 03.12.2018).
2. Medyak D. M., Kulak M. I. *Zashchita poligraficheskoy produktsii* [Protection of polygraphic products]. Minsk, BGTU Publ., 2013. 86 p.
3. Konshin A. A. *Zashchita poligraficheskoy produktsii ot fal'sifikatsii* [Protection of printed products from falsification]. Moscow, Sinus Publ., 2000. 160 p.
4. Medyak D. M. Development of a minimum protective complex for printing products. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series 4, Print- and mediatechnologies, 2017, no. 2, pp. 21–28 (In Russian).
5. Yudin D. B., Gol'shteyn Ye. G. *Lineynoye programmirovaniye* [Linear Programming]. Moscow, Fizmatgiz Publ., 1963. 720 p.
6. Ilya S. A. Special Paints. *PUBLISH* [PUBLISH], 2005, no. 7, pp. 13–17 (In Russian).
7. Gudilin D. Printed technologies and protection of documents against forgery. *Komp'yutArt* [Komp'yutArt], 2003, no. 11, pp. 5–9 (In Russian).
8. Belkin D. Typooffset: technology specificity and techniques for prepress preparation. *FleksoPlyus* [FleksoPlyus], 2004, no. 3, pp. 19–23 (In Russian).

Информация об авторах

Медяк Диана Михайловна — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры полиграфических производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: medyak@belstu.by

Колесова Мария Сергеевна — магистрант кафедры полиграфических производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: imare12341234@mail.ru

Information about the authors

Medyak Diana Mikhaylovna — PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Printing Production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: medyak@belstu.by

Kolesova Maria Sergeevna — Master's degree student, the Department of Printing Production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: imare12341234@mail.ru

Поступила 14.01.2019