

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ БАГАЖА АЭРОПОРТА**

**Романенко В.А., Скороход М.А.**

*Российская Федерация, г. Самара,  
Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева*

**Аннотация.** Предлагается программное обеспечение, предназначенное для получения быстрых оценок основных составляющих затрат на разработку, изготовление, внедрение и эксплуатацию системы обработки багажа (СОБ) в аэровокзале аэропорта на этапах предэскизного проектирования, сравнительного анализа альтернатив и выбора оптимального варианта проекта. Предусмотрена возможность использования не полностью определенных исходных данных, заданных в форме нечетких величин.

**Ключевые слова:** аэропортовое предприятие, программное обеспечение, технико-экономическая модель, система обработки багажа, неопределенные исходные данные, нечеткие величины.

Современная СОБ представляет собой один из самых высокотехнологичных и дорогостоящих компонентов системы обслуживания перевозок в аэровокзале аэропорта. Ошибки на этапах выбора оптимального варианта и проектирования СОБ обходятся весьма дорого как в плане затрат на их устранение, так и в плане их влияния на качество обслуживания и безопасность перевозок. В целях исключения указанных ошибок предлагается специализированный программный комплекс «BHS Project», предназначенный для получения быстрых оценок основных составляющих затрат на разработку, изготовление, внедрение и эксплуатацию СОБ на этапах предэскизного проектирования, сравнительного анализа альтернатив и выбора оптимального варианта проекта. Программно реализованы технико-экономические модели различной степени детализации, обеспечивающие расчет стоимостных характеристик СОБ на различных стадиях проектирования с поэтапным уточнением результатов. Предусмотрена возможность использования не полностью определенных на начальных стадиях проектирования исходных данных, заданных в форме нечетких величин. Исходными данными являются структурные характеристики СОБ и технические параметры ее основных элементов. Программный комплекс ориентирован на использование

при проектировании СОБ для аэровокзалов средней пропускной способности, в том числе рассчитанных на обслуживание значительных транзитных и трансферных пассажиропотоков, характерных для узловых аэропортов (пассажирских авиатранспортных хабов).

Программный комплекс воплощает наработки авторского коллектива сотрудников кафедры организации и управления перевозками на транспорте Самарского университета, представленные набором технико-экономических моделей, описанных в работах [1-13]. Модели подразделяются: по уровню детализации – на обобщенные и детализированные, по наличию учета неопределенности исходных данных – на «четкие» и нечеткие, по типу объекта моделирования – на модели СОБ узлового и - не узлового аэропорта.

Обобщенные модели предназначены для «прикладных» оценок на начальных этапах проектирования [1-6, 10]. Ими не учитываются конкретные проектно-конструкторские и технологические решения внедряемой СОБ. Стоимость СОБ определяется на основе удельных стоимостей модулей – подсистем, выделенных в процессе декомпозиции СОБ по структурно-функциональному признаку. Обобщенные модели включают уравнения множественной линейной регрессии («четкой» или нечеткой), сформированные на основе данных по значительному числу СОБ, введенных в эксплуатацию с 1994 года по настоящее время.

Детализированные модели позволяют рассчитывать затраты на внедрение и эксплуатацию СОБ, учитывая подробные спецификации внедряемых механизмов и оборудования в типовых проектных схемах СОБ [7-9, 11-15].

«Четкие» модели предполагают работу только с детерминированными величинами, поэтому экономические показатели, как правило, отражают усредненные значения [1, 2, 8, 9, 11-13].

Нечеткие модели [3-7, 10] предполагают работу с нечеткими величинами [12], поэтому позволяют оценивать «коридор» предстоящих затрат (наименьшее, наибольшее и наиболее возможные значения) на основе введенных в эксплуата-

цию и проектируемых в настоящее время СОБ. Нечеткие технико-экономические модели формируются на базе «четких» моделей, но являются более информативными по сравнению с ними. Нечеткие модели позволяют учитывать неопределенность исходных данных, когда состав, структура, параметры, технические и технологические особенности СОБ еще не определены, конкретные типы входящих в ее состав устройств и подсистем не выбраны и значительная часть параметров для оценки стоимости СОБ задается экспертно.

Модели для СОБ узловых аэропортов [7-9, 13] в отличие от моделей СОБ не узловых аэропортов [10-12] при расчётах затрат учитывают системные особенности, связанные с необходимостью обработки значительной доли трансферного и транзитного багажа. Как правило, СОБ узловых аэропортов отличаются большей производительностью и широким использованием средств автоматизации. Всеми моделями учитываются колебания курса валют с момента ввода систем в эксплуатацию и изменение покупательной способности.

Два примера пользовательский интерфейс разработанного программного комплекса и результаты его использования приведены на рисунках 1 и 2.

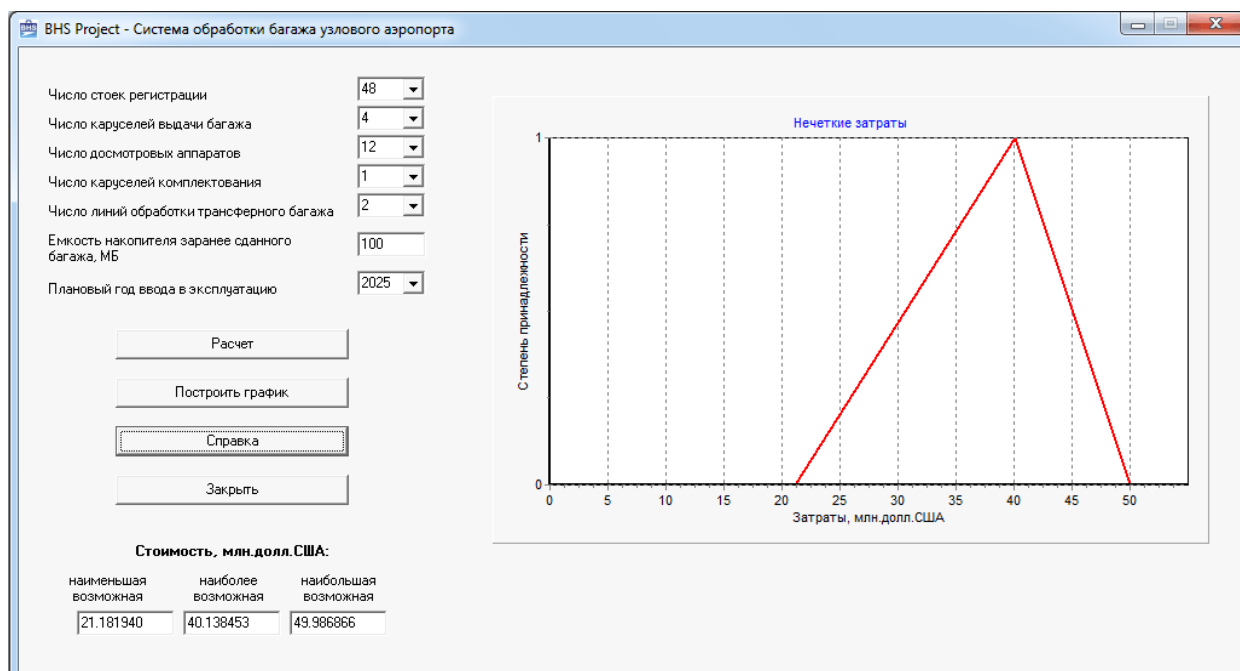


Рисунок 1. Пользовательский интерфейс. Меню «СОБ узлового аэропорта»

Как следует из рисунка 1, отражающего интерфейс программного модуля обобщенной нечеткой технико-экономической модели СОБ узлового аэропорта,

затраты на разработку и внедрение такой системы, характеризующейся сравнительно скромной производительностью, могут варьироваться в пределах от 21 до 50 млн. долл. США, однако наиболее возможная величина составит 40 млн. долл. США.

Рисунок 2 отражает вид экрана программного модуля детализированной четкой технико-экономической модели автоматической СОБ узлового аэропорта. Как и следовало ожидать, моделью используется значительное число входных параметров, часть из которых пользователь имеет возможность выбрать из предложенного перечня, либо задать самостоятельно. Полученные на выходе модели данные носят как экономический, так и технический смысл.

**Общие характеристики**

Число линий обработки багажа начальных пассажиров: 4  
 Число линий обработки багажа трансферных пассажиров: 2

Параметры линий обработки багажа начальных пассажиров  
 Параметры линий обработки багажа трансферных пассажиров

Расчетный вес одного места багажа, кг: 50  
 Коэффициент запаса мощности электродвигателей, %: 125  
 КПД электродвигателей, %: 75  
 Плановый год ввода в эксплуатацию: 2025  
 Время работы системы в течение суток, ч: 24

**Характеристики подсистемы сортировки багажа**

Время цикла срабатывания исполнительного устройства сортировки, с: 3,00  
 Пропускная способность исполнительного устройства сортировки, МБ/линей: 24  
 Ширина ленты конвейеров подсистемы сортировки багажа, м: 0,9  
 Длина виртуальной ячейки конвейеров подсистемы сортировки багажа, м: 2,5  
 Скорость ленты конвейеров подсистемы сортировки багажа, м/с: 1  
 Пропускная способность конвейерной линии подсистемы сортировки багажа, МБ/линей: 24  
 Расстояние между осями лент противоположно направленных конвейеров контора сортировки, м: 4  
 Число пунктов погрузки сортированного багажа (исполнительных устройств сортировки): 6

**Характеристики подсистем обработки багажа начальных и трансферных пассажиров**

Ширина ленты конвейеров подсистемы обработки багажа, м: 0,9  
 Длина виртуальной ячейки конвейеров подсистемы обработки багажа, м: 1,25  
 Скорость ленты конвейеров подсистемы обработки багажа, м/с: 0,25  
 Пропускная способность конвейерной линии подсистемы обработки багажа, МБ/линей: 24  
 Высота подъема багажа наклонным конвейером, м: 2  
 Максимальный угол наклона конвейера, град: 15  
 Вместимость конвейеров подсистемы обработки багажа начальных пассажиров:  
 - горизонтального А: 2  
 - горизонтальных В Е: 2  
 - 2-й фазы досмотра: 10  
 - горизонтального С: 2  
 - горизонтального D: 2  
 Тип аппарата досмотра стаций I и II: Rapiscan MXR 5000  
 Тип аппарата досмотра стации III: L-3 PX 10.10 MV  
 Вместимость конвейеров подсистемы обработки багажа трансферных пассажиров:  
 - приемного: 2  
 - горизонтального А: 2  
 - горизонтального В: 2  
 Тип аппарата досмотра: L-3 PX 10.10 MV  
 Расстояние между осями лент приемных конвейеров соседних линий обработки трансферного багажа, м: 7

**Численность персонала**

Число работников у стойки регистрации: 1  
 Число работников на пункте ввода трансферного багажа: 2  
 Число работников на пункте погрузки сортированного багажа начальных пассажиров: 2  
 Число работников у аппарата стации II досмотра багажа начальных пассажиров: 1  
 Число работников у аппарата стации III досмотра багажа начальных пассажиров: 1  
 Число работников у аппарата досмотра багажа трансферных пассажиров: 1

**Экономические характеристики**

Средняя месячная заработная плата работника, долл. США: 500  
 Средняя ставка начислений на заработную плату, %: 30  
 Стоимость электроэнергии, долл. США/кВт.ч: 0,06

Расчет  
 Справка  
 Закрыть

Капитальные затраты, долл. США: 13264624  
 Годовые затраты, долл. США, в т.ч.:  
 - на персонал: 3779637  
 - на техническое обслуживание: 1326462,4  
 - на электроэнергию: 486209  
 Энергопотребление, кВт: 412,35  
 Сменная численность персонала, чел: 72

**Рисунок 2. Пользовательский интерфейс. Меню «Автоматическая СОБ»**

Разработанный программный комплекс выполнен из ряда структурно-функциональных модулей, один из которых является головным и предназначен для обеспечения работы меню, служащего для обращения к расчетным модулям. Комплекс оснащен разветвленной справочной системой. В 2021 г. проведена государственная регистрация программного комплекса «BHS Project» в Реестре программ для ЭВМ Федеральной службы по интеллектуальной собственности («Роспатент») РФ [15].

### **Список литературы**

1. Романенко В.А., Скороход М.А. Техничко-экономическая модель системы обработки багажа аэропорта // В сборнике: Проблемы экономики современных промышленных комплексов. Финансирование и кредитование в экономике России: методологические и практические аспекты. Сборник научных статей X Всероссийской научно-практической конференции. Под редакцией А.Г.Зибарева, Д.А.Новикова. 2015. С. 53-64.

2. Скороход М.А. Многофакторная технико-экономическая модель системы обработки багажа аэропорта // Молодежь. Наука. Технологии: сборник научных трудов Международной научно-технической конференции студентов и молодых ученых. – Новосибирск: Издательство НГТУ, 2017. – С.98-101.

3. Романенко В.А., Скороход М.А. Нечеткая технико-экономическая модель системы обработки багажа аэропорта // В сборнике: Математические модели современных экономических процессов, методы анализа и синтеза экономических механизмов. Актуальные проблемы и перспективы менеджмента организаций в России. Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С.118-123.

4. Романенко В.А., Скороход М.А., Гужа Е.Д. Нечеткая многомерная регрессионная технико-экономическая модель системы обработки багажа аэропорта // Системы управления и информационные технологии. 2017. № 2 (68). С. 66-70.

5. Скороход М.А. Нечеткая регрессионная модель как инструмент оценки капиталовложений авиапредприятия в условиях неопределенности // В книге: Авиация и космонавтика - 2018. Тезисы 17-ой Международной конференции. 2018. С. 700-701.

6. Скороход М.А., Романенко В.А. Нечетко-множественная многофакторная регрессионная модель системы обработки багажа аэропорта // В сборнике: XIV Королёвские чтения. Международная молодежная научная конференция, посвящённая 110-летию со дня рождения академика С. П. Королёва, 75-летию КуАИ-СГАУ-СамГУ-Самарского университета и 60-летию со дня запуска первого искусственного спутника Земли: в 2 томах. 2017. С. 330-331.

7. Romanenko V.A., Skorokhod M.A., Guzha E.D. Fuzzy control in the simulation model of airport baggage handling systems // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia, 2020. С. 42017.

8. Романенко В.А. Математическая модель автоматической системы обработки багажа аэропорта со значительными трансферными пассажиропотоками // Известия Самарского научного центра РАН. – 2011. – № т.13, №6

9. Guzha E.D., Khvostova T.V., Romanenko V.A., Skorokhod M.A. Stochastic modeling of a technological process using histogram computation // В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. International Scientific Conference "Conference on Applied Physics, Information Technologies and Engineering -

АПITECH-2019". Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations; Polytechnical Institute of Siberian Federal University. 2019. С. 33028.

10. Guzha E.D., Khvostova T.V., Romanenko V.A., Skorokhod M.A. Fuzzy multiple regression technical and economic model of airport terminal passenger handling system // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. С. 12113.

11. Guzha E.D., Romanenko V.A., Skorokhod M.A. Simulation and histogram modeling of conveyor systems // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. С. 32008.

12. Скороход М.А. Общий подход к построению технической модели системы обработки багажа аэропорта // В книге: Транспортный бизнес и логистика: актуальные аспекты развития. сборник тезисов II Всероссийской научно-практической конференции. Самара, 2021. С. 29-31.

13. Кольцов И.В., Романенко В.А. Модель системы обработки трансферного багажа в аэропорту // В книге: Транспортный бизнес и логистика: актуальные аспекты развития. Сборник тезисов I Всероссийской научно-практической конференции. 2020. С. 91-92.

14. Пегат А. Нечёткое моделирование и управление. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 798 с.

15. Романенко В.А., Скороход М.А. Программа BHS Project технико-экономического моделирования системы обработки багажа аэропорта с учетом неопределенности исходных данных // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021615407, 07.04.2021. Заявка № 2021614225 от 29.03.2021.

## **SOFTWARE FOR TECHNICAL AND ECONOMIC MODELING OF AIRPORT BAGGAGE HANDLING SYSTEM**

**V.A. Romanenko, M.A. Skorokhod**

*Samara National Research University,  
Samara, Russian Federation*

**Abstract.** We propose software designed to obtain rapid estimates of the main cost components for the development, manufacturing, implementation and operation of the baggage handling system (BHS) in the airport terminal at the stages of pre-design, comparative analysis of alternatives and selection of the optimal project variant. The possibility of using incompletely defined input data set in the form of fuzzy values is provided.

**Key words:** airport enterprise, software, technical and economic model, baggage handling system, uncertain input data, fuzzy values.