

*Прошкина Людмила Андреевна*

канд. экон. наук, доцент

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет»

г. Пенза, Пензенская область

*Прошкин Виктор Николаевич*

канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный

технологический университет»

г. Пенза, Пензенская область

## **ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТРЕНАЖЕРОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ МОДЕРНИЗАЦИИ**

*Аннотация:* в статье рассмотрено использование многофакторной модернизации в органическом соединении ее основных типов: технологического, экономического, социального и культурного как метода повышения качества и конкурентоспособности продукции тренажеростроения, учитываяющего возрастание роли человеческого фактора при ее моделировании.

*Ключевые слова:* тренажер транспортных средств, конкурентоспособность, многофакторная модернизация, качество выпускаемой продукции.

Конкурентоспособность любого предприятия зависит от выпускаемой им продукции, которая является материальным носителем конкурентных свойств предприятия, обеспечивая возможность предприятию конкурировать. Через изменение технических характеристик продукции, которые и определяют качество, происходит изменение свойств продукции, или приданье новых, которые будут способствовать более полному удовлетворению конкретных потребностей заказчика [1, с. 7–11].

К тренажерам транспортных средств (ТТС) предъявляются требования: к его качеству как техническому средству и качеству обеспечения обучающей эффективности специалистов, то есть как системы обучения. Для этого необходим анализ тренажера как сложной технической системы, а также анализ механизма

самого процесса обучения, процесса познания, реализация которого обеспечивается с помощью технических средств [7, 8, 11].

Деятельность человека по управлению любым транспортным средством (ТС) рассматривается как сложный поведенческий акт, включающий процессы восприятия и переработки информации, формирования и выполнения на этой основе двигательных действий. Задачей тренажеростроения является обучение умению безопасно и экономично управлять реальным ТС. При этом ТТС необходимо рассматривать как обучающее устройство целенаправленного воздействия на экипаж для получения конечного результата – формирования качества профессиональной деятельности, то есть, осознанной деятельности оператора, доведенной до известной степени совершенства, осуществляющей легко, быстро, точно, экономично, с наивысшими качественными и количественными результатами.

Эффективность тренажера, как обучающей системы зависит от того, насколько полно в нем создается копия информационной модели реального масштаба времени. Тренажер – сложное наукоемкое изделие, состоящее из моделей – имитаторов отдельных систем. Каждый имитатор строится таким образом, чтобы в нем наиболее полно воспроизводились все характеристики реальной системы [3, с. 4–6]. Взаимодействие экипажа с имитаторами систем тренажера осуществляется по информационным каналам, в качестве которых выступают его зрительные, слуховые, вестибулярные, тактильные анализаторы. Для воспроизведения на тренажере виртуальной среды, адекватной реальной, его системы моделирования должны обеспечивать стимулирование восприятия движений, ощущаемых экипажем в реальном транспортном средстве. Однако, соединение даже достаточно совершенных имитаторов в единую, иерархическую структуру, какой и является тренажер, может привести к образованию суммарных запаздываний, которые снижают качество моделирования реальной обстановки, искажая воспринимаемую приборную, визуальную и акселерационную информацию. Это является техническим аспектом проблемы формирования навыка управления,

обучающегося на тренажере. Второй аспект этой проблемы – психофизиологический, возникает из-за наличия у членов экипажа в контуре управления, как следствие непонятых и неизученных характеристик взаимодействия человека и реального ТС, связанных в единую эргатическую систему. Становится очевидным, что, в силу изложенных различий двух эргатических систем «человек-ТС-среда» и «человек-ТТС», в каждой из этих систем у обучаемого будет формироваться свой стиль управления. Поэтому при моделировании тренажеров более высокого качества и необходим учет «человеческого фактора» на более высоком уровне [2]. При наличии научно-обоснованного количественного критерия качества эргатической системы, ее исследование можно проводить, с использованием формализованного аппарата. Если такого критерия нет, альтернативой формализованному аппарату будут служить бездоказательные суждения, допускающие неоднозначные толкования. В настоящее время, заключение членов экипажа является окончательным в оценке качества тренажера. Обеспечение положительной оценки качества тренажера представляет важнейший этап в его изготовлении и требует не только знаний точных наук, но и значительной инженерной интуиции. Поэтому значительные усилия должны быть направлены на поиск формализованного аппарата, позволяющего получить количественные характеристики замкнутых систем «человек-ТС-среда» и «человек-ТТС».

Предложенный нами подход повышения качества тренажера как системы обучения основан на использовании модернизации в органическом соединении ее основных типов: технологического, экономического, социального и культурного. Такая многофакторная модернизация как метод повышения конкурентоспособности продукции тренажеростроения учитывает возрастание человеческого фактора при ее моделировании. Конкурентоспособность тренажера, определяется той специфической услугой, которую он оказывает авиационной промышленности при соответствующем техническом содержании, составляющим его качество, и социально-экономическим компонентом, который образуют знания, навыки и опыт авиационных специалистов, взаимодействующих с тренаже-

ром при определенной имитации реальных условий полета. Следовательно, специфическое свойство конкурентоспособности тренажера, как материального фактора, взаимодействующего с человеческим, проявляется в уровне новых знаний, навыков полученных авиационным персоналом при созданной в процессе модернизации тренажера большей степени имитации внешних условий полета и принимающих форму более высокой степени полезности тренажера, которая и составляет сущность его возросшей конкурентоспособности, приобретающей особое значение для обеспечения безопасности полетов. Эти наши положения уже докладывались [8, 10, 11]. Нами было углублено исследование влияния факторов модернизации на улучшение качества тренажеров, что нашло свое конкретное воплощение в усиливающейся тенденции по улучшению характеристик, обеспечивающих высокую эффективность обучения. В общем, процесс подготовки на тренажере может быть представлен на основе нелинейной, нестационарной модели в пространстве состояний:

$$\frac{d\bar{V}}{dt} = F(\bar{V}, \bar{Y}, t), \begin{bmatrix} \frac{dv_1}{dt} \\ \frac{dv_2}{dt} \\ \frac{dv_3}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1(v_1, v_2, v_3, \bar{V}, t) \\ f_2(v_1, v_2, v_3, \bar{V}, t) \\ f_3(v_1, v_2, v_3, \bar{V}, t) \end{bmatrix}, \bar{V}^0 = [v_1^0 \ v_2^0 \ v_3^0]^T \quad (1)$$

Вектор состояния  $\bar{V}^0 = [v_1^0 \ v_2^0 \ v_3^0]^T$  включает переменные, характеризующие соответственно, знания, умения, навыки, имеющие некоторые значения на начало подготовки  $\bar{V}(0) = [v_{10} \ v_{20} \ v_{30}]$ . Вектор  $\bar{Y}$  входных воздействий отражает механизм воздействия тренажера на человека. Модель (1) характеризует в каждый данный момент времени знания, умения, навыки. Единая оценка качества подготовки персонала определяется с использованием нейросетевых моделей, которые позволяют разработать алгоритм оценки эффективности обучения на тренажере, имеющий следующий вид:

$$Y = v_0 + (w_1v_1 + w_2v_2 + w_3v_3),$$

где  $Y$  – коэффициент эффективности тренажера;  $v_0$  – коэффициент, учитывающий начальный уровень подготовки:  $v_1, v_2, v_3$  – коэффициенты, характеризующие

соответственно знания, умения и навыки, приобретаемые обучаемым на тренажере:  $w_1, w_2, w_3$  – весовые коэффициенты. Для конкретного тренажера уровень обучающей эффективности можно представить в виде:

$$(w_1v_1 + w_2v_2 + w_3v_3) < M,$$

где  $M$  – некоторое множество, определяющее необходимую степень адекватности тренажера обеспечения обучаемой эффективности.

Для тренажера нового поколения, предложенного нами, критерий эффективности имеет вид:

$$(w_1v_1 + w_2v_2 + w_3v_3) = \max M,$$

что подтверждается проведенным анализом качественных характеристик при переходе от прежних 3-ей, 4-ой базовых конструкций тренажеров к 5-ой, создаваемой на основе модернизации (таблица 1).

Таблица 1

Изменение технико-экономических характеристик тренажеров в процессе модернизации их базовых конструкций

Характеристики параметров тренажера	Обозначение параметра	Базовая конструкция		
		3	4	5
Площадь, занимаемая комплексным тренажером, м <sup>2</sup>	$A_{\text{ттс}}$	400	400	150
Стоимость 1м <sup>2</sup> площади, руб., (у.д.е.)	$S_m$	25 (22,5)	52 (44,2)	1100 (40,7)
Общая стоимость площади занимаемой тренажером, руб., (у.д.е.)	$S_{\text{пл.}}=S_m \cdot A_{\text{ттс}}$	10000 (9000)	20800 (176800)	165000 (6111)
Высота помещения, м	$h_p$	8	8	8
Количество обучаемых, находящихся в кабине тренажера, чел.	$n_{\text{обуч.}}$	1 – 2	3 – 4	6 – 7
Мощность, потребляемой электроэнергии, квт	$P_{\text{потр.}}$	130	160	110
Стоимость 1 квт/ч, руб., (у.д.е.)	$s_{\text{квт/ч}}$	0,02 (0,018)	0,02 (0,018)	1,24 (0,045)
Количество обслуживающего персонала, чел.	$n_{\text{обсл.}}$	4	8	5
Средняя заработка платы обслуживающего персонала, руб., (у.д.е.)	$S_{\text{обсл.}}$	130 (117)	180 (153)	4000 (148)
Среднечасовая заработка платы обслуживающего персонала, (у.д.е./ч)	$s_{\text{обсл/ч}}$	(0,66)	(0,86)	(0,8)
Технический ресурс, ч	$T_{\text{рес.}}$	8000	10000	16000
Трудоемкость изготовления, норм. / час	$t_{\text{изг}}$	330000	170000	100000
Стоимость тренажера, тыс. руб, (у.д.е)	$S_{\text{ттс}}$	1000 (900)	1500 (1275)	170000 (6296)

Оценка экономической эффективности тренажеров в процессе модернизации при переходе от одной базовой конструкции к другой была проведена на основе разработанной нами комплексной математической модели, включающей обобщенную приведенную оценку затрат ( $Z$ ) на обучение одного специалиста для конкретного типа тренажера, которая в соответствии с данными таблица 2 имеет вид:

$$Z = \frac{\sum Z_{\text{обуч.}}}{n_{\text{обуч.}}} = \frac{S_{\text{пл.}} + S_{\text{ТА}} + (S_{\text{квт}} \cdot K_{\text{цикл}}) + (S_{\text{обсл}} \cdot K_{\text{цикл}})}{n_{\text{обуч.}}}$$

В результате проведенных расчетов, затраты на обучение одного специалиста на тренажерах составляют по: 3-й базовой конструкции – 23,62, у.д.е.; 4-й базовая конструкция – 12,35 у.д.е.; 5-й базовая конструкция – 2,44 у.д.е., следовательно, при переходе к более совершенной конструкции тренажера происходит резкое сокращение затрат на подготовку одного специалиста, которое может быть дополнено анализом затрат времени (таблица 2).

Таблица 2

Затраты времени на обучение авиационных специалистов в процессе модернизации их базовых конструкций

Временные параметры процесса обучения на тренажере	Обозначение параметра	Базовые конструкции		
		3-я	4-я	5-я
Ресурсное время, час	$T_{\text{рес}}$	8000	10000	16000
Время непрерывной работы тренажера, час	$T_{\text{раб}}$	16	16	16
Число циклов обучения за ресурсное время	$n_{\text{цикл}}$	500	625	1000
Число одновременно обучающихся на тренажере, чел	$n_{\text{обуч}}$	1	3	6
Время выполнения одной программы обучения, час	$T_{\text{прогр}}$	2	1,6	0,8
Включение, время подготовки тренажера к работе, час	$T_{\text{вкл}}$	1	0,5	0,25
Коэффициент, учитывающий количество программ обучений на тренажере за $T_{\text{раб}}$ .	$k_i$	6	8	15
Время смены экипажа, подготовка к выполнению следующего сеанса обучения, час	$T_{\text{пер}}$	0,25	0,25	0,25
Коэффициент, учитывающий число пересменок между сеансами обучения	$k_j$	2	7	14
Время выключения тренажера, час	$T_{\text{выкл}}$	0,75	0,5	0,25
Неиспользованное время, час	$\tau_i$	1	0,7	0
Общее число обучаемых за $T_{\text{раб.}}$ , чел	$n_{\text{обуч.}}^{T_{\text{раб.}}} = k_i \cdot n_{\text{обуч.}}$	6	24	90
Количество обученных за $n_{\text{цикл}}$ обучения, чел	$N_{\text{обуч. общ.}}$	3000	15000	90000

В соответствии с приведенными данными таблицы 2, разработанная нами модель, получит выражение:

$$T_{\text{раб.}} = T_{\text{вкл.}} + k_i \cdot T_{\text{прогр.}} + k_j \cdot T_{\text{пер.}} + T_{\text{выкл.}} + \tau_{\text{остат.}}$$

Кроме этого, совершенствование тренажеров сопровождалось накоплением человеческого и интеллектуального капитала. Причем, возрастание его роли обусловлено не только усложнением условий эксплуатации авиатехники и в связи с этим возрастанием требований к уровню подготовки авиационных специалистов, но и негативной тенденцией в мире и в России аварий и катастроф по вине экипажа. Ошибки летных экипажей послужили причинами от 42% до 70% аварий. Учитывая это обстоятельство, была предложена новая модель тренажера с более высокой обучающей эффективностью за счет имитации новых информационных потоков, адекватных реальному полету, которая представлена на рисунок 1.

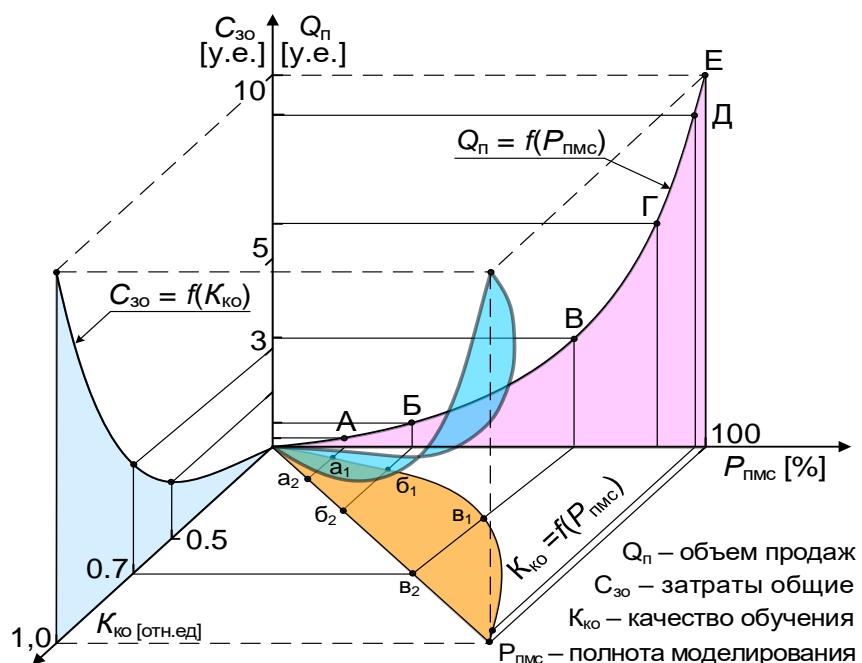


Рис. 1. Экономические факторы модернизации тренажера

При разработке модернизированного типа тренажера был осуществлен комплексный подход к взаимодействию при его создании таких экономических по-

казателей, как общие затраты, изображенные на графике  $C_{30} = f(K_{ко})$ , объем продаж  $Q_{п} = f(P_{пмс})$  в зависимости от полноты моделирования и отражено их влияние на качество обучения, представленное зависимостью  $K_{ко} = f(P_{пмс})$ .

Анализ новой модели тренажера открывает возможность иного подхода к представлению о рынке тренажерной продукции, открывает возможность значительного расширения его за счет создания новых сегментов для сбыта и обслуживания других видов транспорта, например, в наземном, подземном и водном, а также в других сферах деятельности (спорт, здравоохранение, индустрия развлечений).

### ***Список литературы***

1. Базилевский А.Н. Тренажеры для операторов транспортных средств / А.Н. Базилевский, А.Н. Гузий, А.А. Мельник. – Киев, Техника, 1983. – 141 с.
2. Кузнецов Б.В. Методы повышения полноты моделирования обучающих систем на основе их модернизации / Б.В. Кузнецов, Л.А. Прошкина, В.Н. Прошкин // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – Пенза: 2010. – Т. 1. – С. 174–175.
3. Прошин И.А. Совершенствование динамических стендов авиационных тренажеров на базе гидроприводов / И.А. Прошин, В.М. Тимаков, В.Н. Прошкин // Мехатроника, автоматизация, управление. – М., 2008. – №12. – С. 18–22.
4. Прошин И.А. Тренажер плавающего объекта для обучения экипажей действиям в чрезвычайных ситуациях / И.А. Прошин, В.М. Тимаков, В.Н. Прошкин // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2009. – №1. – С. 82–87.
5. Прошкин В.Н. Принципы построения преобразователей параметров движений для гидропривода тренажеров транспортных средств / В.Н. Прошкин, И.А. Прошин, В.М. Тимаков // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – Пенза, 2010. – Т. I. – С. 272–275.
6. Прошин И.А. Тренажер вертолета с имитацией посадки на взмыванную водную поверхность / И.А. Прошин, В.М. Тимаков, В.Н. Прошкин // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2009. – №9. – С. 65–69.

7. Прошкина Л.А. Совершенствование управления предприятиями авиационного тренажеростроения в условиях модернизации экономики: Дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Л.А. Прошкина. – Пенза, 2006. – 178 с.

8. Прошкина Л.А. Разработка концептуальной схемы обеспечения конкурентоспособного функционирования предприятий тренажеростроения // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – Пенза, 2008. – Т. 1. – С. 453–457.

9. Прошкина Л.А. Совершенствование управления предприятиями авиационного тренажеростроения в условиях модернизации экономики: Монография / Л.А. Прошкина; под ред. Л.И. Крутовой. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2008. – 156 с.

10. Прошкина Л.А. Подходы к обеспечению конкурентоспособности предприятия / Л.А. Прошкина, С.В. Афанасьев // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – Пенза, 2009. – Т. 2. – С. 428–431.

11. Прошкина Л.А. Повышение качества и конкурентоспособности авиационных тренажеров на основе модернизации / Л.А. Прошкина, В.Н. Прошкин // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – Пенза, 2013. – Т. 2. – С. 262–264.