

© Д. А. Щелоков<sup>1</sup>, Д. Г. Гришанов<sup>2</sup>, 2018

<sup>1</sup> АО «РКЦ «Прогресс», г. Самара, Россия

<sup>2</sup> Самарский национальный исследовательский университет им. академика С. П. Королева (Самарский университет), Россия

E-mail<sup>1,2</sup>: dima-shhelokov@yandex.ru

## РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕХАНИЗМА ФОРМИРОВАНИЯ НЕОБХОДИМОГО И ФАКТИЧЕСКОГО УРОВНЯ ЧИСЛЕННОСТИ ПЕРСОНАЛА

*Статья посвящена разработке имитационной динамической модели механизма формирования необходимого и фактического уровня численности персонала, обеспечивающего стабильность производственной системы. В работе представлено дискретное логистическое уравнение по определению численности основных производственных рабочих на предприятии, зависящих от разности между темпом приступающих к работе рабочих и темпом получивших уведомления об увольнении основных производственных рабочих. Для решения полученного уравнения разработана компьютерная модель определения количества основных производственных рабочих на предприятии.*

**Ключевые слова:** производственная система, численность персонала, динамические системы, имитационное моделирование, ракета-носитель, трудовые ресурсы.

### **Введение**

Стабильность производственной системы во многом зависит от численности персонала [2, 3], целенаправленно использующего материально-технические средства и информацию для создания продукции под управлением руководящего аппарата.

Для обеспечения стабильности любой производственной системы ввиду ее непрерывного многоцелевого характера и сложности поведения предлагается разработать имитационную динамическую модель [1] механизма формирования необходимого и фактического уровня численности персонала на примере предприятия ракетно-космической отрасли (РКО), что и определяет цель нашего исследования.

Для решения данной задачи необходимо:

1. Определить количество основных производственных рабочих на предприятии РКО, зависящее от разности между темпами

потоков приступающих к работе и рабочих, получивших уведомления об увольнении, с помощью построения дискретного логистического уравнения.

2. Для решения полученного уравнения (п. 1) разработать компьютерную модель определения количества основных производственных рабочих на предприятии.

3. Построить графики траектории изменения количества основных производственных рабочих на предприятии и траектории изменения разности между темпами потоков приступающих к работе и получивших уведомления об увольнении рабочих.

4. Определить количество основного производственного персонала, увольняющегося с предприятия РКО, зависящее от разности между темпами потока уведомлений об увольнении, полученных рабочим персоналом, темпом основного рабочего персонала, закончившего производственную деятельность на предприятии с помощью построения дискретного логистического уравнения.

5. Для решения полученного уравнения (п. 4) разработать компьютерную модель определения количества основного производственного персонала, увольняющегося с предприятия.

6. Построить графики траектории изменения количества основного производственного персонала, увольняющегося с предприятия, и траектории изменения разности между темпами потока уведомлений об увольнении, полученных рабочим персоналом, и темпом основного рабочего персонала, закончившего производственную деятельность на предприятии.

### **Результаты исследования**

Определим количество основных производственных рабочих на предприятии РКО, необходимых для осуществления производства ракетоккомплектов из дискретного логистического уравнения:

$$s_{MENP}^{Pt}(t+1) = s_{MENP}^{Pt}(t) + \alpha_{MENP}^{Pt} s_{MENP}^{Pt}(t) \Delta t (v_{LEP}^{Pt}(t) - v_{LDN}^{Pt}(t))$$

$$s_{MENP}^{Pt}(0) = \frac{v_{RR}^P(0)}{k_{CPL}^P}, \quad (1)$$

где:

$s_{MENP}^P(t)$  — количество основных производственных рабочих на предприятии;

$v_{LEP}^{Pt}(t)$  — темп приступающих к работе рабочих;

$v_{LDN}^{Pt}(t)$  — темп уведомлений об увольнении основных производственных рабочих на предприятии;

$\alpha_{MENP}^{Pt}$  — коэффициент, характеризующий производственно-экономический потенциал предприятия;

$v_{RR}^P(0)$  — темп потока заказов, поступающих от заказчика в установившемся состоянии;

$s_{MENP}^{Pt}(0)$  — начальное условие динамического уравнения;

$k_{CPL}^P$  — производительность труда в производстве.

Дискретное динамическое логистическое уравнение (1) позволяет определить численность основных производственных рабочих на предприятии, зависящую от разности между темпами потоков приступающих к работе и получивших уведомления об увольнении рабочих ( $v_{LEP}^{Pt}(t) - v_{LDN}^{Pt}(t)$ ), которая определяет переходный процесс и величину нового установившегося значения количества основных производственных рабочих на предприятии.

Начальное условие уравнения (1) определяет количество основных производственных рабочих на предприятии как отношение темпа потока заказов со стороны заказчика  $v_{RR}^P(0)$ , к производительности труда в производстве  $k_{CPL}^P$ . Для решения уравнения (1) разработана компьютерная модель определения количества основных производственных рабочих на предприятии  $s_{MENP}^{Pt}(t)$ , изображенная на рисунке 1.

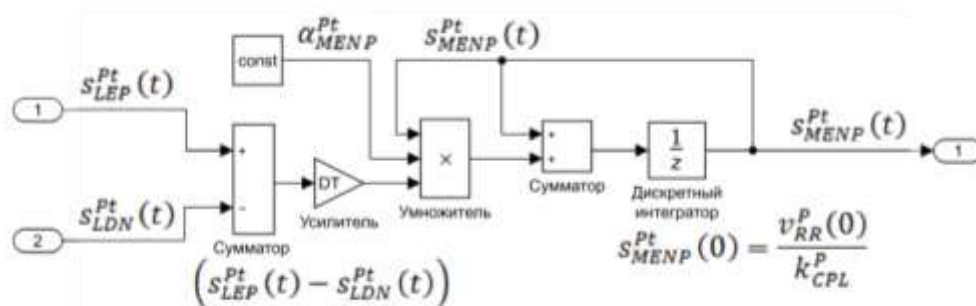


Рис. 1. Компьютерная модель определения количества основных производственных рабочих на предприятии  $s_{MENP}^{Pt}(t)$

В компьютерной модели на вход блока сумматор поступают величины темпов потоков приступающих к работе и получивших уведомления об увольнении рабочих  $s_{LEP}^{Pt}(t), s_{LDN}^{Pt}(t)$ , в котором формируется величина разности ( $v_{LEP}^{Pt}(t) - v_{LDN}^{Pt}(t)$ ). В результате умножения величины разности между темпами потоков на величину времени интегрирования  $\Delta t = DT$  определяется в каждый момент времени количество основных производственных рабочих на предприятии, которое при умножении на величину  $\alpha_{MENP}^{Pt} s_{MENP}^{Pt}(t)$  поступает на дискретный интегратор. На выходе дискретного интегратора формируется количество основных производственных рабочих на предприятии  $s_{MENP}^P(T)$  за время  $T$ .

Для реализации дискретного интегрирования необходимо задать начальные условия в соответствии с уравнением  $s_{MENP}^{Pt}(0) = \frac{v_{RR}^P(0)}{k_{CPL}^P}$ . Если  $v_{RR}^P(0) = 2$  шт./мес., а производительность труда в производстве по выпуску ракет-носителей в штуках  $k_{CPL}^P = 0,00015$  шт./чел. (или  $k_{CPL}^P = 4507$  д.ед./чел., если темп потока заказов со стороны заказчика  $v_{RR}^P(t)$  измеряется в денежных единицах, при цене на изделие  $P = 30 \cdot 10^6$  д. ед.), то начальные условия интегрирования  $s_{MENP}^{Pt}(0) = 1,331 \cdot 10^4$  чел.

На рисунках 2 и 3 представлены график траектории изменения количества основных производственных рабочих на предприятии  $s_{MENP}^P(t)$  и график траектории изменения разности между темпами потоков приступающих к работе и получивших уведомления об увольнении рабочих ( $v_{LEP}^{Pt}(t) - v_{LDN}^{Pt}(t)$ ).

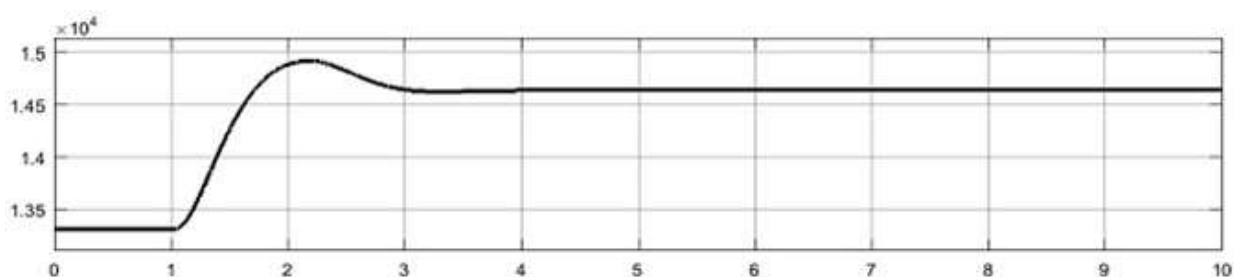


Рис. 2. График траектории изменения количества основных производственных рабочих на предприятии  $s_{MENP}^P(t)$

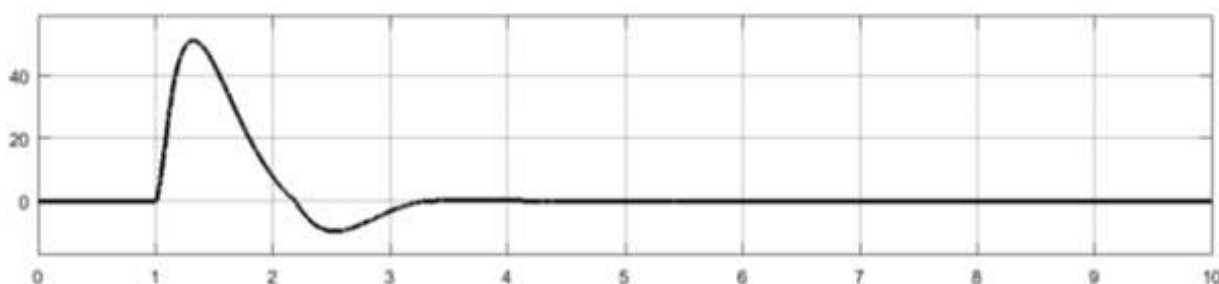


Рис. 3. График траектории изменения разности между темпами потоков приступающих к работе и получивших уведомления об увольнении рабочих ( $v_{LEP}^{Pt}(t) - v_{LDN}^{Pt}(t)$ )

Из графиков видно (рис. 2, 3), что в конце первого месяца увеличение заказа со стороны корпорации на 10% привело к тому, что появился переходный процесс изменения количества основных производственных рабочих на предприятии  $s_{MENP}^P(t)$ . Количество основных производственных рабочих на предприятии  $s_{MENP}^P(t)$  увеличивается и достигает максимального значения, равного  $1,49 \cdot 10^4$  чел., а затем начинает убывать и достигает нового устано-

вившегося значения —  $1,464 \cdot 10^4$  чел. (в течение времени переходного процесса, равного четырем месяцам). Траекторию изменения количества основных производственных рабочих на предприятии  $s_{MENP}^P(t)$  можно объяснить изменением траектории разности темпов денежных потоков ( $v_{LEP}^{Pt}(t) - v_{LDN}^{Pt}(t)$ ). Так, при появлении возмущения по величине заказа  $v_{RR}^P(t)$  величина разности увеличивается до максимального значения, а затем уменьшается и в период времени, равный 2,2 мес., становится равным нулю и достигает минимального отрицательного значения, равного  $-0,5$ , и в конце переходного процесса достигает нулевого значения, а количество основных производственных рабочих на предприятии  $s_{MENP}^P(t)$  достигает нового установившегося значения —  $1,464 \cdot 10^4$  чел.

Далее определим количество основного производственного персонала, увольняющегося с предприятия, из уравнения:

$$\begin{aligned} s_{LL}^{Pt}(t+1) &= s_{LL}^{Pt}(t) + \alpha_{LL}^{Pt} s_{LL}^{Pt}(t) \Delta t (v_{LDN}^{Pt}(t) - v_{LTER}^{Pt}(t)), \\ s_{LL}^{Pt}(0) &= 0, \\ v_{LTER}^{Pt}(t) &= Delay3(v_{LDN}^{Pt}(t), h_{DLL}^{Pt}), \end{aligned} \quad (2)$$

где:

$s_{LL}^{Pt}(t)$  — количество основного производственного персонала, увольняющегося с предприятия;

$v_{LDN}^{Pt}(t)$  — темп уведомлений об увольнении основного рабочего персонала на предприятии;

$v_{LTER}^{Pt}(t)$  — темп основного рабочего персонала, закончившего производственную деятельность на предприятии;

$\alpha_{LL}^{Pt}$  — коэффициент, характеризующий производственно-экономический потенциал предприятия;

$h_{DLL}^{Pt}$  — время запаздывания увольнения трудовых ресурсов на предприятии;

$s_{LL}^{Pt}(0)$  — начальное условие динамического уравнения.

Дискретное динамическое логистическое уравнение (2) позволяет определить количество основного производственного персонала, увольняющегося с предприятия, зависящее от разности между темпами потока уведомлений об увольнении, полученных рабочим персоналом, темпом основного рабочего персонала, закончившего производственную деятельность на предприятии ( $v_{LDN}^{Pt}(t) - v_{LTER}^{Pt}(t)$ ), которая определяет переходный процесс и величину нового установившегося значения количества основного производственного персонала, увольняющегося с предприятия  $s_{LL}^{Pt}(t)$ .



Начальное условие уравнения (2) определяет количество основного производственного персонала, увольняющегося с предприятия. В установившемся состоянии величина количества основного производственного персонала, увольняющегося с предприятия, равна нулю. Для решения уравнения (2) разработана компьютерная модель определения количества основного производственного персонала, увольняющегося с предприятия  $s_{LL}^{Pt}(t)$ , изображенная на рисунке 4.

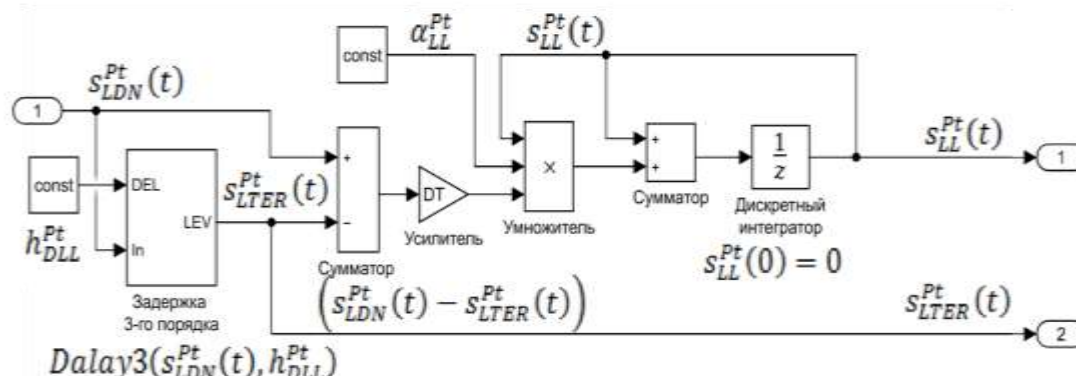


Рис. 4. Компьютерная модель определения количества основного производственного персонала, увольняющегося с предприятия  $s_{LL}^{Pt}(t)$

В компьютерной модели на вход блока сумматор поступают величины разности темпов уведомлений об увольнении, полученных рабочим персоналом, и темпом основного рабочего персонала, закончившего производственную деятельность на предприятии  $s_{LDN}^{Pt}(t), s_{LTER}^{Pt}(t)$ . В этой модели формируется величина разности  $(v_{LDN}^{Pt}(t) - v_{LTER}^{Pt}(t))$ . В результате умножения величины разности между темпами потоков на величину времени интегрирования  $\Delta t = DT$  определяется в каждый момент времени количество основного производственного персонала, увольняющегося с предприятия, которое при умножении на величину  $\alpha_{LL}^{Pt} s_{LL}^{Pt}(t)$  поступает на дискретный интегратор. На выходе дискретного интегратора формируется количество основного производственного персонала, увольняющегося с предприятия  $s_{LL}^{Pt}(T)$  за время  $T$ .

На рисунках 5 и 6 представлены график траектории изменения количества основного производственного персонала, увольняющегося с предприятия  $s_{LL}^{Pt}(T)$ , и график траектории изменения разности между темпами потока уведомлений об увольнении, полученных рабочим персоналом, и темпом основного рабочего персонала, закончившего производственную деятельность на предприятии  $(v_{LDN}^{Pt}(t) - v_{LTER}^{Pt}(t))$ .

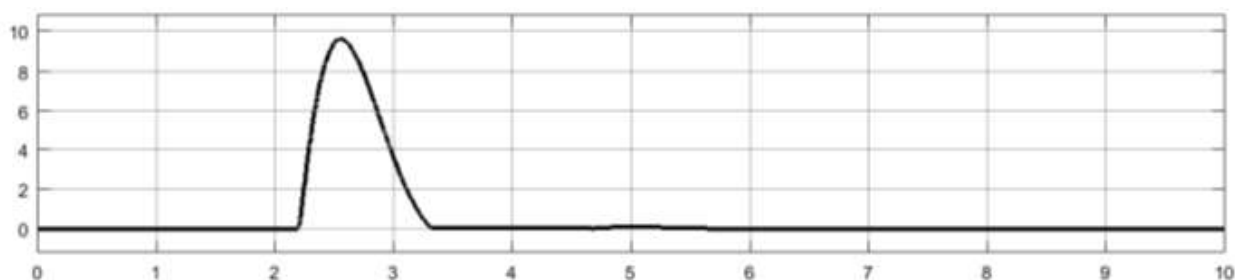


Рис. 5. График траектории изменения количества основного производственного персонала, увольняющегося с предприятия  $s_{LL}^{Pt}(T)$

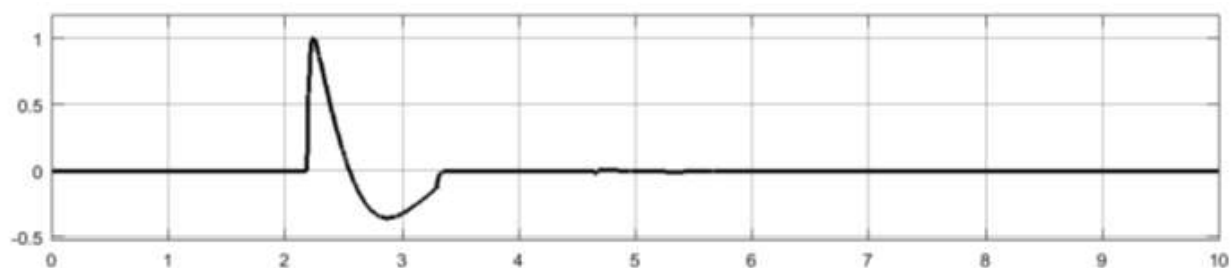


Рис. 6. График траектории изменения разности между темпами потока уведомлений об увольнении, полученных рабочим персоналом, и темпом основного рабочего персонала, закончившего производственную деятельность на предприятии  $(v_{LDN}^{Pt}(t) - v_{LTER}^{Pt}(t))$

Из графиков видно (рис. 5, 6), что в конце первого месяца увеличение заказа со стороны корпорации на 10% привело к тому, что появился переходный процесс изменения количества основного производственного персонала, увольняющегося с предприятия  $s_{LL}^{Pt}(T)$ . Поток количества основного производственного персонала, увольняющегося с предприятия  $s_{LL}^{Pt}(T)$ , увеличивается и достигает максимального значения, равного 9,8 чел., во временной период — 2,6 мес., а затем уменьшается и достигает установившегося нулевого значения в течение времени переходного процесса, равного 3,3 месяцам.

Траекторию изменения потока количества основного производственного персонала, увольняющегося с предприятия  $s_{LL}^{Pt}(T)$ , можно объяснить изменением траектории разности темпов денежных потоков  $(v_{LDN}^{Pt}(t) - v_{LTER}^{Pt}(t))$ . Так, при появлении возмущения по величине заказа  $v_{RR}^P(t)$  величина разности увеличивается до максимального значения, а затем уменьшается и в период времени 2,6 мес. становится равной нулю и достигает минимального значения, равного -0,3 (во временном периоде — 2,9 мес.), затем в конце переходного процесса достигает нулевого значения. А поток количества основного производственного персонала, увольняющегося с предприятия  $s_{LL}^{Pt}(T)$ , монотонно достигает установившегося нуле-

вого значения. Отрицательное значение разности между темпами потоков с момента 2,6 мес. означает, что величина темпа потока основного рабочего персонала, закончившего производственную деятельность на предприятии, превышает темп потока уведомлений персонала об увольнении.

### **Заключение**

В работе представлена разработка имитационной динамической модели механизма формирования необходимого и фактического уровня численности персонала, использование которой позволит предприятиям РКО обеспечить стабильность производственной системы, на уровне как интегрированных структур, так и всей отрасли в целом.

### **Литература**

1. Ширяев В. И. Управление предприятием: Моделирование, анализ, управление / В. И. Ширяев, И. А. Баев, Е. В. Ширяев. М.: КД Либроком, 2015. 272 с.
2. Щелоков Д. А., Гришанов Д. Г., Гришанова А. Д., Татарина К. А. Методология и аналитический инструментарий формирования устойчивых механизмов конфликтного взаимодействия в промышленных комплексах // Экономические науки. 2011. № 12 (85). С. 387-390.
3. Щелоков Д. А. Формирование и развитие кадрового потенциала предприятия по производству ракетно-космической техники // Вопросы экономики и права. 2014. № 11. С. 53-57.

*Статья поступила в редакцию 31.10.18 г.  
Рекомендуется к опубликованию членом Экспертного совета  
канд. экон. наук М. М. Васильевым*