

# Имитационное моделирование активных трудовых процессов в условиях промышленного предприятия

Курушбаева Д.Т.

Алтайский государственный университет, г. Барнаул

sh\_din097@mail.ru

## Аннотация

Рассматриваются методы математического и компьютерного моделирования трудовых процессов промышленных предприятий, персонал которых способен сократить потери ресурсов и простои оборудования. Для реального предприятия промышленности разработана компьютерная модель обоснования оптимальных параметров механизма стимулирования, описаны вычислительные эксперименты и рассмотрены условия его внедрения на практике.

*Ключевые слова:* модели принятия решений, активность персонала, трудовые процессы, компьютерное моделирование.

## 1. Введение

Одним из важных направлений повышения эффективности деятельности промышленных предприятий является сокращение потерь, основные из которых приведены на рисунке 1. На большинстве промышленных предприятий существует часть потерь, которые можно устранить только при кардинальном изменении организационной, производственной систем и мотивации персонала [1].

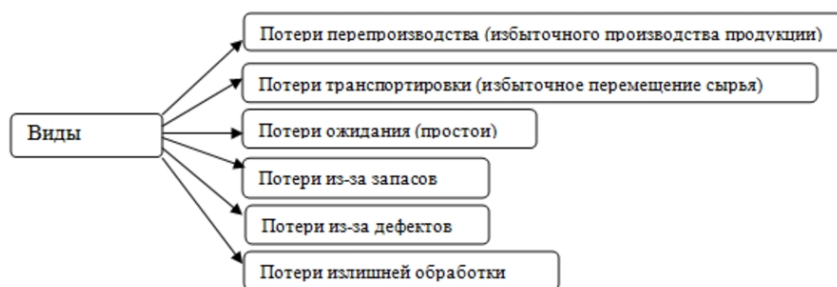


Рисунок 1. Основные виды потерь на промышленных предприятиях

Формами прямой экономической мотивации являются: основная оплата труда; дополнительная оплата труда (с учетом сложности и квалификации труда, совмещения профессий, сверхнормативной работы, социальных гарантий предприятия); вознаграждение (определяет индивидуальный вклад работников в конечные результаты производства в конкретные периоды); премия (связывает результаты труда каждого структурного подразделения организации и работника прибылью предприятия).

В данной статье рассматриваются методы математического и компьютерного моделирования трудовых процессов промышленных предприятий, персонал которых способен сократить потери ресурсов и простои оборудования. Такие трудовые процессы согласно [2] можно анализировать в рамках теории активных систем, а их математическое и компьютерное моделирование проводить, например, методами работ [1, 3, 4].

Ключевым понятием теории активных систем в нашем случае выступает механизм стимулирования персонала, т.е. система правил и процедур, которые определяют виды и уровни экономической мотивации персонала в зависимости от достигнутых результатов. Оптимизация параметров механизма стимулирования проводится с использованием математических и компьютерных моделей [5].

Реализация механизмов стимулирования активных трудовых процессов промышленности возможна с использованием концептуальных основ и инструментов бережливого производства, которые описаны в работе [6].

## 2. Математическая модель стимулирования персонала по конечным результатам

Обозначим как  $x$  – мотивированное решение персонала по среднему уровню активности, а  $\bar{x}$  – потенциал трудовой активности (ПТА) – объем работы, который работники способны выполнить в течение рабочего дня. Справедливо включение  $x \in [0, \bar{x}]$ .

В работе [1] обоснована зависимость оптимальной активности работников от расценки  $p$  оплаты труда  $x = \tilde{x}(p)$  в виде следующего выражения:

$$x = \tilde{x}(p) = \begin{cases} \bar{x} - \frac{\delta}{p}, & \text{если } p > p_{\min} = \frac{\delta}{\bar{x}}, \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad (1)$$

где  $\delta$ ,  $\bar{x}$  – параметры функции поведения работников, которые следует определить для рассматриваемого активного трудового процесса при условии:  $\delta > 0$ ,  $\bar{x} > 0$ .

Обоснование собственниками фирмы параметров механизма стимулирования работников зависит от дополнительной прибыли  $D_{\Phi}(x)$ , которую определим так:

$$D_{\Phi}(x) = Cx^m, \quad C > 0; \quad m \in [0, 1] \quad (2)$$

Дополнительная валовая прибыль  $D_{\Phi}(x)$  разделяется на чистую прибыль собственника предприятия  $D_c$  и оплату труда стимулируемых работников  $D_b$ :

$$D_c(x) = (1 - \sigma)Cx^m; \quad D_b(x) = \sigma Cx^m. \quad (3)$$

Задача выбора оптимального значения  $\sigma^*$  запишем в следующем виде. Найти  $\sigma^* \in [0, 1]$  – долю деления, при которой доход собственника является максимальным:

$$D_c(x) = \max_{\sigma} (1 - \sigma)Cx^m. \quad (4)$$

При фиксированной величине  $\sigma$  расценка  $p$  и уровень  $x$  активности работников удовлетворяют уравнению:  $p\tilde{x}(p) = \sigma C\tilde{x}(p)^m$ , решение которого необходимо учитывать как дополнительное условие задачи (4).

## 3. Компьютерная модель оптимизации механизма стимулирования персонала

Рассмотрим компьютерную модель на примере обоснования механизма стимулирования персонала на реальных данных колбасного цеха одного из предприятий Р. Казахстан. Рассматривается задача определения дополнительной премии двух работников ремонтной бригады, которая осуществляет в рабочее время текущий ремонт и подготовку оборудования цеха в случае его остановки или поломки. На производстве при эксплуатации оборудования в рабочую смену случаются простои цеха по причинам остановки рабочих машин, часть которых может сократиться при повышении эффективности и качества работы ремонтной бригады. В связи с этим предприятие несет дополнительные потери, при

сокращении которых может быть образован фонд материального стимулирования ремонтной бригады. Для обоснования системы стимулирования необходимо идентифицировать параметры рассматриваемого активного трудового процесса и решить задачу оптимизации (4).

Компьютерная модель позволяет решить эти задачи и дополнительно провести серию вычислительных экспериментов, которые позволили бы обосновать стратегию развития механизма стимулирования. Поэтому в комплексе математическая и компьютерная модели выполняют функции имитационного моделирования. Разработанная компьютерная модель включает три базовых листа Excel, электронные таблицы, которых подготовлены для исследования механизма стимулирования ремонтной бригады (рисунки 2, 3, 4).

Имитация механизма стимулирования проводится за один средний рабочий день, считая, что за плановый период (месяц, квартал, год) исходные данные сохраняют свои значения. В качестве меры количества труда принята часовая норма труда (ЧНТ) – объем работы, который реально выполняет среднерыночный работник в течение одного рабочего часа [1]. Такой работник за 6-часовой рабочий день выполнит объем работы 6 ЧНТ. Среднерыночная расценка вычисляется по данным таблицы 1.2 и в нашем случае 1,56 тыс. тенге. При этой расценке за 6 НТЧ заработная плата команды будет равна 9,38 тыс. тенге. Для оценки  $\bar{x}$  (ПТА) и параметра  $\delta$  (коэффициент трудозатрат ДЕЛ) в формуле (1) используются данные таблиц 1.1, 1.2, 1.3 рисунка 2. Вычисления выполняются по формулам [1]:

$$\begin{aligned} \text{ПТА} &= (K_{\text{КВ}} \cdot K_{\text{ИТ}} \cdot T_p) / \text{Альфа}; \\ \text{ДЕЛ} &= \text{ПТА} \cdot (1 - \text{Альфа}) \cdot P_{\text{Н}} / B_p. \end{aligned}$$

	A	B	C	D	E	F
1	Параметры рынка и команды при эксплуатации оборудования					
2	Трудовая характеристика команды				Таблица 1.1	
3	№ п/п	Показатели			Обознач	Значение
4	1	Численность команды, чел			ЧК	2,00
5	2	Продолжительность активного рабочего дня, час			Тр	1,50
6	3	Коэффициент интенсивности труда, средний			Кит	1,50
7	4	Коэффициент квалификации, средний			Ккв	1,95
8	5	Валентность команды работников			Вр	1,20
9						
10	Характеристика локального рынка труда				Таблица 1.2	
11	№ п/п	Показатели для данной профессии			Обознач	Значение
12	1	Средний коэффициент интенсивности труда			Альфа	0,70
13	2	Среднемесячная ЗП средняя по команде, тыс. тенге			ЗПн	250,0
14	3	Среднемесячное число рабочих часов, час			Тмес	160,0
15						
16	Расчетные показатели трудового процесса				Таблица 1.3	
17	№ п/п	Наименование показателей			Обознач	Значение
18	1	Потенциал трудовой активности команды			ПТА	12,54
19	2	Расценка среднерыночная, тыс. тенге/ЧНТ			Рн	1,56
20	3	Нормативная трудовая активность работника, ЧНТ			ФТАн	8,78
21	4	Эффективная расценка (учет вал.), тыс. тенге/ЧНТ			РЭн	1,88
22	5	Коэффициент трудозатрат			ДЕЛ	5,88
23	6	Эффективная трудовая активность команды, ЧНТ			ФТАэ	9,92
24	7	Оценка месячной зараб. платы (норма), тыс. тенге			ЗПм	310,13

Рисунок 2. Характеристика активного трудового процесса и рынка труда

Параметры формулы (2) зависимости дополнительной прибыли предприятия от фактической трудовой активности (ФТА) команды при сокращении простоев цеха приведены в таблице 2.3 рисунка 3. Исходными данными являются оценки максимальной и нормативной прибылей, которые в нашем примере приведены в таблице 2.2.

	A	B	C	D	E	F
1	<b>Модель результативности рабочей команды в организации</b>					
2	Трудовая характеристика ремонтной команды				Таблица 2.1	
3	№ п/п	Показатели			Обознач	Значение
4	1	Потенциал трудовой активности команды, ЧНТ			ПТА	12,54
5						
6	Характеристика прироста прибыли предприятия				Таблица 2.2	
7	№ п/п	Показатели для ремонтной бригады			Обознач	Значение
8	1	Потенциал чистой прибыли, тыс тенге			R	200,00
9	2	Норматив значения чистой прибыли, тыс. тенге			Rн	175,00
10	3	Нормативная активность команды, ЧНТ			ФТАн	8,78
11						
12	Параметры формулы результата от активности труда				Таблица 2.3	
13	№ п/п	Наименование показателей			Обознач	Значение
14	1	Коэффициент С			С	77,61
15	2	Расчетная степень, n			n	0,37

Рисунок 3. Параметры конечного результата организации при сокращении простоя цеха

	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>Оптимизация системы стимулирования</b>						
2	Поиск оптимальной доли персонала при разделе прибыли					Таблица 3.1	
3	№	Копия,	ФТА	Прибыль,	Расценка	ЗП, тыс.	Чистый доход,
4		G5:G21	ЧНТ	т. тенге		тенге	тыс. тенге
5	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	2	64,90	0,63	65,16	0,41	0,26	64,90
7	3	83,92	1,25	84,46	0,43	0,54	83,92
8	4	97,44	1,88	98,31	0,46	0,86	97,44
9	5	108,26	2,51	109,48	0,49	1,22	108,26
10	6	117,39	3,13	119,02	0,52	1,63	117,39
11	7	125,33	3,76	127,43	0,56	2,10	125,33
12	8	132,36	4,39	135,00	0,60	2,64	132,36
13	9	138,66	5,01	141,92	0,65	3,26	138,66
14	10	144,31	5,64	148,32	0,71	4,01	144,31
15	11	149,39	6,27	154,29	0,78	4,90	149,39
16	12	153,91	6,89	159,89	0,87	5,98	153,91
17	13	157,84	7,52	165,19	0,98	7,35	157,84
18	14	161,12	8,15	170,21	1,12	9,09	161,12
19	15	163,57	8,78	175,00	1,30	11,43	163,57
20	16	164,89	9,40	179,58	1,56	14,69	164,89
21	17	164,38	10,03	183,97	1,95	19,59	164,38
22	18	160,45	10,66	188,19	2,60	27,75	160,45
23	19	148,19	11,28	192,26	3,91	44,07	148,19
24	20	120,78	11,76	195,29	6,33	74,51	120,78
25	21	-6,72	12,24	198,24	16,74	204,96	-6,72
26	<b>Оптим</b>	<b>164,89</b>	<b>9,40</b>	<b>179,58</b>	<b>1,56</b>	<b>14,69</b>	<b>164,89</b>

Рисунок 4. Расчетная таблица оптимального варианта стимулирования команды

Решение задачи оптимизации (4) на сетке значений ФТА команды приведено в таблице 3.1 рисунка 4. Точность решения задачи оптимизации определяется выбором шага сетки и может быть согласована с точностью оценки исходных данных для исследуемых активных трудовых процессов. Для каждого варианта ФТА при расчетах определяется величина расценки, которую работодатель должен обеспечить для выполнения условий равновесия локального рынка труда по данной профессии и квалификации работников команды. В таблице 3.1 эти значения приведены в столбце E.

В итоговой строке таблицы 3.1 выделен рекомендуемый аналитиками вариант ФТА, при котором чистый доход собственников является максимальным. Параметры и результаты оптимального стимулирования рабочей команды приведены в таблице 1. Главным

параметром в этих расчетах выступает найденное решение задачи (4). Рекомендуется руководителям предприятия при внедрении системы стимулирования выделить 8,2% от фактического уровня полученной дополнительной прибыли. При этом интенсивность труда команды в 75% достижима для стимулируемых работников и соответствует рекомендациям специалистов по управлению персоналом.

Таблица 1

Расчетные результаты механизма стимулирования команды

№ п/п	Наименование показателей	Значение
1	Оптимальная расценка, тыс. тенге/ЧНТ	1,56
2	Максимальный результат фирмы, тыс. тенге	179,58
3	Затраты на оплату труда, тыс. тенге/раб. день	14,69
4	Доля вознаграждения в прибыли фирмы	8,2%
5	Чистый доход собственника, тыс. тенге/раб. день	164,89
6	Коэффициент интенсивности труда	75,0%

Разработанная компьютерная модель механизма стимулирования кроме графической визуализации расчетных зависимостей позволяет решить ряд исследовательских задач. Выделим две из них: оценки влияния валентности работников на результаты стимулирования и исследование условий автоматного поведения работников в стимулирующей среде.

Первая задача решается путем проведения серии расчетов таблицы 1 при изменении параметра  $B_p$  таблицы 1.1 на рисунке 2. Согласно [1] этот параметр в реальных трудовых процессах может изменяться в интервале  $[0, 8; 1, 5]$ . Для нашего примера увеличение валентности команды с 1,2 до 1,5 увеличит расчетно прибыль собственника на 2%. Этот экономический результат может быть достигнут применением нематериальных методов стимулирования работников или заменой персонала.

Вторая задача сводится к сравнению зависимостей фактической заработной платы и равновесного уровня оплаты труда от активности команды. Графики этих зависимостей в точке пересечения должны соответствовать данным таблицы 1. Кроме того, при низких активностях фактическая заработная плата должна быть существенно ниже рыночной, а при высокой активности – существенно выше. Тогда объективно создаются условия автоматного (без дополнительного контроля) точной реализации механизма стимулирования при его внедрении.

Субъективные условия автоматного поведения работников необходимо проверять уже в процессе подготовки и утверждения трудового контракта администрации с рабочей командой. Необходимо, что бы работники были информированы по условиям стимулирования. Они должны правильно оценивать равновесие на локальном рынке труда для своей профессии и квалификации, быть профессионалами, т.е. предвидеть результаты своей активности. Кроме того, расчеты механизма стимулирования должны быть верными, а договорные отношения – стабильными.

#### 4. Особенности проектирования системы стимулирования в условиях промышленного предприятия

Рассмотренный выше вариант обоснования механизма стимулирования персонала выполнен автором для колбасного цеха одного из предприятий Р. Казахстан в г. Семипалатинске. Обследование работы цеха проведено в марте 2022 года.

При обследовании производства выяснялись следующие показатели:

1. Состав основного оборудования цеха и его влияние на возможные простои цеха.

2. Возможности сокращения времени на восстановление работоспособности оборудования и экономические показатели снижения прибыли предприятия из-за простоев цеха.

3. Экспертные оценки работников эксплуатационной бригады и условия оплаты труда таких работников на рынке труда.

4. Готовность администрации заключить с ремонтной бригадой дополнительное соглашение о премировании при сокращении времени на восстановление работоспособности оборудования в процессе его эксплуатации.

Результаты обследования производства приведены в таблицах на рисунках 2 – 4. Представленные расчеты в таблице 1, по мнению специалистов предприятия, вполне реальны, и могут быть достигнуты на практике. Однако, используемая в компьютерной программе система показателей, не соответствует реальным показателям кадровой и экономической документации. Необходимо осуществить оценку результатов стимулирования ремонтной бригады с учетом реальной информированности работников и руководителей колбасного цеха (начальника, технолога, экономиста и рабочих).

С работниками и руководством цеха при заключении трудового контракта предложено согласовать базовую (нормативную) продолжительность ремонтных работ, оценку минимальной по времени продолжительности простоев цеха, которые считаются неустрашимыми в среднем в течение месяца. Согласовать размер премии за сокращение простоев в одну минуту в среднем за смену, которая будет утверждена в трудовом контракте. Тогда, порядок контроля результатов сокращения простоев со стороны администрации цеха, и начисление премии работникам команды в течение очередного месяца будет понятен участникам системы стимулирования.

## 5. Выводы

В статье рассмотрены методы математического и компьютерного моделирования трудовых процессов промышленных предприятий, персонал которых при стимулировании способен сократить потери ресурсов и простои оборудования. Математическое моделирование механизма стимулирования сводится к задаче оптимизации чистой прибыли предприятия, которая включает известную модель активности работников в трудовых процессах. На примере реального предприятия промышленности разработана компьютерная модель обоснования оптимальных параметров механизма стимулирования, описаны вычислительные эксперименты и рассмотрены условия его внедрения на практике.

Адаптация понятийного аппарата математических и компьютерных моделей проведена с целью учета реальной информированности работников и специалистов промышленных предприятий. В результате им нет необходимости при начислении премии оценивать объем трудозатрат работников бригады и определять фактический объем выполненной бригадой дополнительной работы в часовых нормах труда и др.

Кроме того, стимулируем работникам не нужно знать экономические показатели потери прибыли от простоев рабочих машин и, следовательно, у них нет информации для сомнений в справедливости или несправедливости этой премиальной системы стимулирования труда.

## Список литературы

1. Булатова Г.А., Маничева А.С., Оскорбин Н.М. Методы и математические модели управления персоналом. — Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2015. — 108 с.
2. Бурков В.Н., Коргин Н.А., Новиков Д.А. Введение в теорию управления организационными системами. — М. : Либроком, Editorial URSS, 2017. — 264 с.

3. Курушбаева Д.Т., Маничева А.С., Оскорбин Н.М. Оптимизация количества используемых однотипных рабочих мест в условиях промышленных предприятий // Труды семинара по геометрии и математическому моделированию. — 2019. — № 5. — С. 112–114.
4. Ергалиев Е.К., Жакиева А.Е., Курушбаева Д.Т., Маничева А.С. Математическая модель оптимального числа однотипного оборудования в условиях промышленных предприятий // МАК: “Математики – Алтайскому краю”: сборник трудов всероссийской конференции по математике с международным участием. — Барнаул, 2020. — С. 116–118.
5. Ослин Б.Г. Моделирование. Имитационное моделирование СМО. — Томск : Изд-во ТПУ, 2010. — 128 с.
6. Зинчик Н.С., Кадырова О.В., Растова Ю.И., Бездудная А.Г. Бережливое производство. — М. : Кнорус, 2022. — 203 с.