

УДК 65.011.54:636.52/58

ОПЕРАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ ИНЖЕНЕРНОЙ СЛУЖБЫ НА ПТИЦЕФАБРИКАХ

Г. И. БУДЫЛКИН, Н. А. ПАХОЛКОВ

(Кафедра управления сельскохозяйственным производством)

На июльском (1978 г.) Пленуме ЦК КПСС подчеркивалось значение улучшения использования техники в сельскохозяйственных предприятиях и совершенствования форм и методов ее технического обслуживания.

Технологическое оборудование на птицефабриках в отличие от большинства видов другой сельскохозяйственной техники используется не сезонно, а на протяжении всего года и, как правило, применяется для непосредственного обслуживания птицы. Поэтому каждая технологическая операция (кормление, поение, световой и тепловой режимы и др.) должны выполняться в определенных размерах и в строго определенное время. Однако возникающие неисправности и отказы в работе оборудования приводят к нарушению технологического режима и снижению продуктивности птицы. Отсюда ясно, что инженерная служба птицефабрик для полной и обоснованной оценки степени эффективного использования средств механизации должна располагать подробными систематизированными данными об отказах и неисправностях в работе оборудования. Существующие в настоящее время на птицефабриках формы и методы оперативно-технического контроля за состоянием и использованием оборудования не отвечают современным требованиям производства.

В связи с этим в задачи нашего исследования входило: 1) установить законы распределения потока заявок на устранение отказов в работе оборудования и продолжительности их обслуживания с целью определения численности и состава подразделений инженерной службы, занятых аварийным обслуживанием технологического оборудования; 2) определить величину производственных потерь, вызванных такими отказами.

Исследование интенсивности поступления в инженерную службу заявок на устранение отказов в работе механического, энергосилового и сантехнического оборудования проводилось нами на птицефабриках «Вологодская» и «Климовская» Вологодского треста «Птицепром» с использованием методов вероятностно-статистического анализа.

На рис. 1 приведена схема процесса устранения отказов в работе оборудования. В момент поступления заявки диспетчер вызывает слесаря и он немедленно приступает к обслуживанию ее. Если же слесари заняты, образуется очередь. В этом случае привлекаются слесари из бригады текущего ремонта оборудования.

Основной оценкой эффективности управления системы обслуживания технологического оборудования на птицефабриках принимается минимальное время его простоя в ожидании ремонта. Время устранения отказа слесарем:

$$\tau_{об} = t_{н} + t_{у}, \quad (1)$$

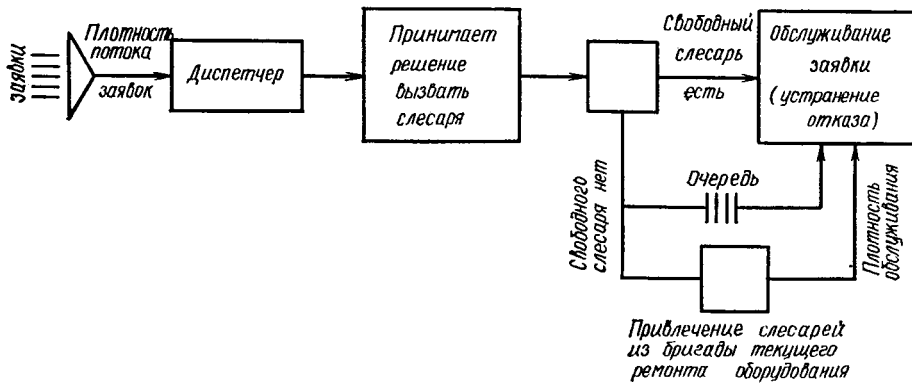


Рис. 1. Схема процесса устранения отказов в работе оборудования.

где t_n — время установления характера и причины неисправности, t_y — время устранения неисправности слесарем.

В инженерную службу птицефабрики поступает поток заявок на устранение отказов в работе оборудования. Примем, что λ — это среднее число заявок на обслуживание за промежуток времени, например день, причем промежутки между поступлениями заявок есть случайные величины.

Т а б л и ц а 1

Группировка по количеству заявок на устранение отказов в работе технологического оборудования птицефабрик в день

Количество заявок в день x_i	Количество дней с данным значением признака n_i на птицефабриках		Количество заявок в день x_i	Количество дней с данным значением признака n_i на птицефабриках	
	«Вологодской»	«Климовской»		«Вологодской»	«Климовской»
1	3	—	11	4	19
2	6	—	12	3	14
3	12	—	13	2	10
4	27	2	14	1	8
5	35	4	15	—	5
6	28	8	16	—	4
7	24	14	17	—	3
8	19	23	18	—	2
9	11	28	19	—	1
10	7	24	20	—	1

Определение потока заявок на устранение отказов в работе технологического оборудования проводилось на основе сведений, поступающих на диспетчерские пункты птицефабрик. После группировки данных (табл. 1) можно вычислить

$$\lambda = \frac{\sum x_i n_i}{\sum n_i}, \quad (2)$$

где x_i — количество заявок, поступающих в инженерную службу за определенный интервал времени, например, день; n_i — количество дней с данным значением признака.

Поскольку поступление заявок на устранение отказов в работе оборудования является случайным, их поток описывается функцией распределения $f_i(t)$, с помощью которой можно определить число заявок, поступающих в инженерную службу за промежуток времени от 0 до t . Функция $f_i(t)$ — случайная величина для каждого значения t , и ее характеристика подчиняется закону распределения.

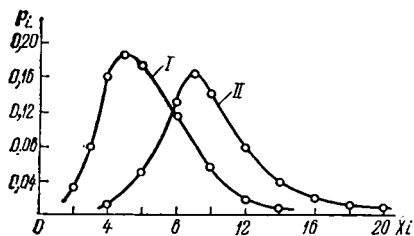


Рис. 2. Кривые распределения заявок на устранение отказов в работе оборудования на птицефабриках «Вологодская» (I) и «Климовская» (II).

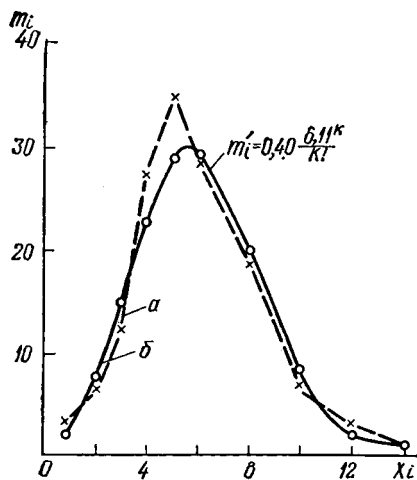


Рис. 3. Кривые эмпирического (а) и теоретического (б) распределений потока заявок.

Вид полученных графиков распределения и доказательство того, что поток заявок относится к простейшим, позволяет предположить, что

Проанализируем, возможно ли поток заявок на устранение отказов в работе оборудования отнести к простейшим.

В этом случае необходимо и достаточно, чтобы он обладал тремя свойствами: стационарностью, ординарностью и отсутствием последствия [1, 2].

Качественный анализ заявок, поступающих на диспетчерские пункты рассматриваемых птицефабрик, показывает, что причины, вызывающие поломки технологического оборудования, весьма разнообразны и практически не связаны друг с другом. Исследованиями установлено, что количество заявок зависит от промежутка времени их поступления, но не от начала отсчета, что и определяет стационарность потока. Ординарность его доказывается тем, что вероятность попадания на какой угодно малый промежуток времени двух или более отказов в работе оборудования меньше вероятности попадания одного. Интервалы между поступлением заявок практически независимы, так как вызваны разными причинами, поэтому в дальнейшем будем считать, что потоки заявок не обладают последствием.

Рассмотрим графическое изображение распределения заявок на устранение отказов в работе технологического оборудования (рис. 2).

Таблица 2

Расчет данных для проверки гипотезы о соответствии эмпирической функции распределения по закону Пуассона

№ интервала	m_i	m'_i	$(m_i - m'_i)$	$(m_i - m'_i)^2$	$\frac{(m_i - m'_i)^2}{m'_i}$
1	3	2,36	0,64	0,41	0,17
2	6	7,46	-1,46	2,13	0,29
3	12	15,20	-3,20	10,24	0,67
4	27	23,30	3,70	13,69	0,59
5	35	28,39	6,61	43,69	1,54
6	28	28,94	-0,94	0,88	0,03
7	24	25,25	-1,25	1,18	0,05
8	19	19,84	-0,84	0,79	0,04
9	11	13,10	-2,10	4,41	0,34
10	7	8,01	-1,01	1,02	0,13
11	4	4,73	-0,73	0,53	0,11
12	3	2,73	0,27	0,07	0,03
13	2	1,82	0,18	0,03	0,02
14	1	0,73	0,28	0,07	0,10

$$\chi^2_{\Phi} = 4,11$$

поступление заявок в инженерную службу подчиняется закону Пуассона. Необходимо проверить соответствие эмпирического распределения для совокупности опытных данных теоретическому. Теоретические частоты распределения поступления заявок определяли по формуле

$$m_i' = n \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}, \quad (3)$$

где m_i' — теоретическая частота данного признака; n — количество случаев, которое принималось для исследования; λ — математическое ожидание (среднее число заявок за единицу времени); $k=0, 1, 2, 3, \dots$ — целые, неотрицательные значения, которые может принимать данный признак. Давая различные значения k (в пределах эмпирических частот), получаем теоретические частоты.

По значениям эмпирических и теоретических частот построены кривые распределения заявок на устранение отказов в работе технологического оборудования на птицефабрике «Вологодская» (рис. 3). Степень близости эмпирического и теоретического распределений определяли с помощью критерия согласия Пирсона [3, 6]:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(m_i - m_i')^2}{m_i'}, \quad (4)$$

где m_i — эмпирические частоты; m_i' — теоретические частоты.

Последовательность и результаты вычислений χ^2 по данным птицефабрики «Вологодская» приведены в табл. 2.

После нахождения фактической величины χ^2 определялось число степеней свободы по формуле

$$K = n - r - 1 = 14 - 1 - 1 = 12, \quad (5)$$

где n — число сравниваемых частот; r — число параметров теоретической функции распределения.

При $K=12$ и принятом уровне значимости $p=0,05$ табличная величина $\chi_r^2 = 21,03$ [6]. Следовательно, фактическое значение χ^2 значительно ниже табличного, что подтверждает нашу гипотезу.

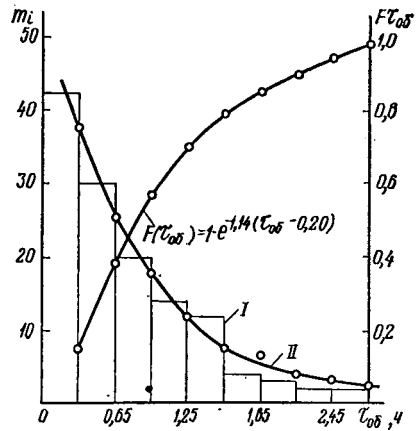


Рис. 4. Гистограмма (I) и теоретическая кривая (II) распределения продолжительности обслуживания заявок слесарями.

Таблица 3

Расчет плотности распределения времени обслуживания заявок на устранение отказов в работе технологического оборудования (при $\nu=1,14$; $t_0=0,20$)

№ интервала	Границы интервала $\alpha_i - \beta_j$	Середина интервала $\tau_{об}$	Частота m_i	Частота P_i	$\nu(\tau_{об} - t_0)$	$e^{-\nu(\tau_{об} - t_0)}$	$f(\tau_{об})$	$F(\tau_{об})$	ΔF	m_i'
1	0,20—0,50	0,35	43	0,33	0,17	0,84	0,96	0,16	0,29	37,70
2	0,51—0,80	0,65	30	0,23	0,51	0,60	0,68	0,40	0,20	26,39
3	0,81—1,10	0,95	20	0,15	0,85	0,42	0,48	0,58	0,14	18,07
4	1,11—1,40	1,25	14	0,11	1,20	0,31	0,35	0,69	0,13	13,38
5	1,41—1,70	1,55	12	0,09	1,54	0,21	0,24	0,79	0,06	7,54
6	1,71—2,00	1,85	4	0,03	1,88	0,15	0,17	0,85	0,05	7,15
7	2,01—2,30	2,15	3	0,02	2,22	0,11	0,12	0,89	0,04	4,94
8	2,31—2,60	2,45	2	0,01	2,56	0,08	0,09	0,92	0,03	3,38
9	2,60—2,90	2,75	2	0,01	2,91	0,05	0,06	0,95	0,02	2,34

Установив закон распределения потока заявок, необходимо найти характеристику распределения продолжительности их обслуживания. С этой целью проводились хронометражные наблюдения за работой слесарей, в результате которых получено 130 значений продолжительности обслуживания заявок на устранение отказов в работе оборудования. Эти значения сгруппированы в интервалы, для каждого из которых подсчитана частота m (табл. 3, графа 4). В целях определения закона распределения продолжительности обслуживания заявок по значениям частот построена гистограмма (рис. 4), внешний вид которой позволяет утверждать, что она может быть выравнена экспоненциальным законом распределения с плотностью вероятности

$$f(\tau_{об}) = \nu e^{-\nu\tau_{об}}, \quad (6)$$

где $\tau_{об}$ — математическое ожидание (средняя величина времени обслуживания заявки); ν — интенсивность обслуживания заявок слесарем.

$$\tau_{об} = \frac{\sum \tau_{об} n_i}{\sum n_i} = \frac{113,9}{130} = 0,876 \text{ ч}$$

$$\nu = \frac{1}{\tau_{об}} = \frac{1}{0,876} = 1,14 \text{ заявок в час.}$$

Порядок расчета плотности распределения времени обслуживания заявок приведен в табл. 3.

Для данного конкретного случая время обслуживания заявок не может быть равно 0, более того, оно не может быть и меньше 0,20 ч (см. графу 2, строка 1). Так как вероятность появления значения $\tau_{об} < 0,20$ ч сравнительно велика, есть смысл провести выравнивание по экспоненциальному закону с плотностью вероятности

$$f(\tau_{об}) = 1,14e^{-1,14(\tau_{об}-0,20)}.$$

Функция распределения экспоненциального закона равняется

$$F(\tau_{об}) = 1 - e^{-\nu(\tau_{об}-\tau_0)}. \quad (7)$$

Значения $f(\tau_{об})$ и $F(\tau_{об})$ вычислялись с помощью математических таблиц [6] по аргументам, равным левой и правой границе каждого интервала, а также его середине. Известно, что теоретическая частота (вероятность) попадания в каждый интервал равна разности функций распределения на границах этого интервала, т. е.

$$\Delta F(\alpha_1 < \tau_{об} < \beta_1) = F(\beta_1) - F(\alpha_1). \quad (8)$$

Значения теоретических частот вычислялись по формуле (8) и приведены в табл. 3 (графа 10). Степень близости эмпирического и теоретического распределения продолжительности обслуживания заявок на устранение отказов в работе технологического оборудования проверялась с помощью критерия согласия Пирсона. Фактическая величина $\chi^2 = 6,876$. Число степеней свободы $K = n - r - 1 = 9 - 1 - 1 = 7$, при $n = 9$ и $r = 1$. При $K = 7$ и принятом уровне значимости $p = 0,05$, $\chi^2_r = 14,067$ [6]. Так как $\chi^2_{ф} < \chi^2_r$, можно считать, что расхождение между эмпирическим и теоретическим распределениями продолжительности обслуживания заявок несущественно.

Таким образом, установлены закон распределения потока заявок на устранение отказов в работе технологического оборудования на птицефабриках и закон распределения продолжительности их обслуживания. Интенсивность поступления в инженерную службу заявок и

продолжительность их обслуживания могут быть отображены в виде потока случайных событий и описаны в строго математических терминах.

Исследуя распределение потока заявок, продолжительность и трудоемкость их обслуживания в конкретных условиях птицефабрик, можно определить состав и численность подразделений инженерной службы, занятых устранением отказов в работе технологического оборудования. С учетом результатов анализа потоков заявок, проведенного с использованием описанной выше методики на птицефабриках «Вологодская» и «Климовская», были созданы звенья слесарей, которые занимаются только устранением аварийных отказов в работе оборудования и некоторыми видами технического обслуживания. В состав звена входят слесарь-сварщик, слесарь и электрик. Звено слесарей имеет передвижную мастерскую, оборудованную сварочными аппаратами, наборами инструмента и необходимыми для ремонта материалами.

Хронометражные наблюдения за работой слесарей, проведенные нами на птицефабриках «Вологодская» и «Климовская», показали преимущество звеньевой формы организации обслуживания заявок по сравнению с индивидуальной (рис. 5).

Эффективность такой формы организации обслуживания подтверждается тем, что в этом случае продолжительность основной работы слесарей в течение смены на 21,4% больше, чем при индивидуальном обслуживании, а величина потеря времени по организационным и техническим причинам меньше в 1,5 раза. В результате внедрения звеньевой формы организации обслуживания заявок простой машин и механизмов при проведении и ожидании ремонта были сокращены на 28—33% и исключены серьезные нарушения технологического цикла.

Исследования свидетельствуют также, что, кроме количественной регистрации отказов в работе оборудования и продолжительности их устранения, целесообразно проводить оценку производственных потерь, возникающих в результате таких отказов. Помимо потерь рабочего времени слесарей и расхода ремонтных материалов, необходимо учитывать и потери в выпуске продукции, исчисляемые на основе данных о стоимости недополученной продукции в результате отказов [5].

В промышленном цехе птицефабрики «Вологодская» мы определяли стоимость продукции, недополученной из-за несвоевременной раздачи или недодачи корма в результате простоя машин и механизмов, вызванного их неисправностью. Для этого использовалась формула

$$S_{от} = \frac{(V_n - V_{ср})}{g} C,$$

где $S_{от}$ — «цена отказов» (нормативная стоимость продукции, недополученной в результате отказов), руб.; V_n , $V_{ср}$ — нормативный и средний объем ежедневной подачи корма при бесперебойной (нормальной) работе машин и механизмов системы кормораздачи (V_n) и в день ее отказов ($V_{ср}$), кг; K — коэффициент плановой (нормативной) оценки питательности кормов, корм. ед.; g — нормативный расход кормов на получение 1000 шт. яиц, кг корм. ед.; C — средняя реализационная цена на 1000 шт. яиц, руб.

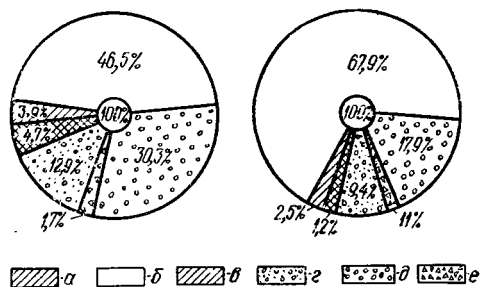


Рис. 5. Структура затрат рабочего времени слесарей при индивидуальной (слева) и звеньевой формах при организации работы.

a — подготовительно-заключительное время; *б* — аварийный ремонт и техническое обслуживание; *в* — поиск и доставка ремонтных материалов; *г* — переходы и переезды с объекта на объект; *д* — потери рабочего времени; *е* — получение указаний.

На основе анализа системы кормораздачи в промышленном цехе птицефабрики «Вологодская» установлено, что средняя «цена отказов» за сутки, выраженная в стоимости продукции, недополученной из-за простоя машин и механизмов и соответствующего недокорма птицы, составила для птичника с поголовьем 30 тыс. кур-несушек 350 руб.

Заключение

Использование методов вероятностно-статистического анализа при исследовании потока заявок на устранение отказов в работе технологического оборудования и продолжительности их обслуживания на птицефабриках послужило основой для определения численности и состава звена слесарей.

Анализ рабочего времени слесарей показал преимущество звеньевой формы организации обслуживания заявок по сравнению с индивидуальной.

Осуществление оперативно-технического контроля за состоянием и использованием оборудования на птицефабриках, а также проведение стоимостной оценки производственных потерь, вызванных отказами и неисправностями в работе оборудования, дают возможность руководителям подразделений и специалистам инженерной службы разрабатывать и обосновывать мероприятия для совершенствования планово-предупредительных форм технического обслуживания технологического оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М., «Наука», 1969. — 2. Акоф Р., Сасиени М. Основы исследования операций. М., «Мир», 1971. — 3. Политова И. Д., Сергеев С. С., Зинченко А. П., Гатаулин А. М. Практикум по общей и сельскохозяйственной статистике. М., «Колос», 1967. — 4. Проектирование технологических процессов сельскохозяйственного производства с помощью

ЭЦВМ. М., «Колос», 1975. — 5. Решетняк В. П., Аверин Б. В. Передовой опыт оперативного управления в сельском хозяйстве. М., «Россельхозиздат», 1976. — 6. РТМ 44-62. Методика статистической обработки эмпирических данных. М., Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, 1966.

Статья поступила 17 апреля 1978 г.

SUMMARY

Regular analysis of the reasons and numbers of failures and faults in the operation of production equipment, their registration in the documents, the estimation of the expenses of the labour time required for their elimination and cost estimation of production losses allow the engineers at poultry farms to develop and to give grounds for measures intended to prevent and eliminate the losses. Besides, an objective base for improving planned and preventive forms of technical servicing the production equipment on poultry farms and for developing measures for material and moral stimulating the work without faults appears.