

А.В. Журавлев, А.Л. Портнягин

ВОПРОСЫ РАСЧЕТА ЧИСЛЕННОСТИ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Рассматриваются вопросы, связанные с планированием труда и техническим обслуживанием оборудования на предприятиях нефтегазового комплекса в условиях Крайнего Севера и вахтового метода работы. Дается краткий обзор имеющихся подходов к решению подобных вопросов.

Имитационное моделирование, техническое обслуживание, система планово-предупредительных ремонтов, численность персонала.

Для России, как и для большинства стран-экспортеров, нефть и газ — один из важнейших источников валютных поступлений. Удельный вес доходов от экспорта нефти и нефтепродуктов в ВВП страны составляет приблизительно 8,3 % [1]. Роль нефтяного комплекса России как источника бюджетных поступлений постоянно растет. Доля нефтегазовых доходов в общем объеме доходов федерального бюджета в 2010 г. составила 48,1 %.

Одной из отличительных особенностей отечественного нефтегазового комплекса является расположение месторождений углеводородного сырья в малоосвоенных и труднодоступных местах, что предъявляет повышенные требования к надежности оборудования и его своевременному обслуживанию. В условиях отдаленности транспортных путей, ремонтных баз необходимо заблаговременно планировать ремонт оборудования, виды и количество необходимых запасных частей. По тем же причинам высокие требования предъявляются к квалификации рабочего персонала и его количеству.

Работа обслуживающего персонала на нефтегазовых месторождениях осуществляется преимущественно вахтовым методом, что вносит определенные трудности в планирование трудозатрат. В течение последних лет в нефтегазовых компаниях наблюдается тенденция сокращения рабочей смены с 12 до 11 часов и введение еженедельных выходных. Стала нормой вахта продолжительностью более одного месяца, что связано с необходимостью компенсации введенных выходных дней. Эти новшества привели к корректировке годовых графиков работы. Ранее смена персонала осуществлялась один раз в месяц, что позволяло реализовать принцип взаимозаменяемости. Сегодня ввиду сдвигов графиков работы количество персонала, ежедневно находящегося на рабочей вахте, постоянно изменяется.

Вышеперечисленные обстоятельства создают сложность при планировании ремонтно-технического обслуживания оборудования нефтегазового комплекса.

При обслуживании и эксплуатации объектов нефтегазового комплекса персоналом выполняются следующие виды работ:

- 1) планово-предупредительное обслуживание;
- 2) ликвидация отказов оборудования;
- 3) другие работы.

Наиболее прогнозируемым является планово-предупредительное обслуживание, которое характеризуется:

- заданной периодичностью ремонтов оборудования;

— проведением операций текущего осмотра и контроля технического состояния, направленных на предупреждение отказов оборудования и поддержания его исправности и работоспособности в интервалах между ремонтами.

Второй вид работ — ликвидация отказов и нестандартных режимов работы оборудования. Подобные случаи являются практически непредсказуемыми, что не позволяет осуществлять планирование необходимого количества персонала для быстрой ликвидации отказа оборудования. Складывается следующая ситуация. Из-за увеличившегося количества внеплановых ремонтов основные работы откладываются или переносятся на более поздний срок (так как все эти работы выполняются одним и тем же персоналом), а не проведенное в срок или некачественное техническое обслуживание в дальнейшем вызывает еще большее количество отказов.

Место возникновения конкретной аварии или отказа оборудования прогнозировать трудно, но общее их количество, объем необходимых трудозатрат и человеческих ресурсов можно предсказать с помощью методов статистики.

Третий вид работ включает в себя ввод в эксплуатацию объектов других организаций (как правило, в связи с реорганизацией структуры предприятия), установку и наладку нового оборудования, модернизацию, обучение персонала новым правилам работы, устранение замечаний, выявленных в ходе проверки надзорными службами, и т.д. Такие мероприятия в основном планируются на определенный временной отрезок с указанием даты начала и конца проведения работ, что позволяет рассчитать объемы трудозатрат и количество персонала.

В настоящее время в нефтегазовых компаниях отсутствуют единые методики для расчета персонала. Как правило, расчеты производятся на основе многочисленных справочников [2–4], которые носят рекомендательный характер. К тому же для расчета необходимого количества персонала в данных справочниках используются статистические методы, учитывающие лишь некоторые факторы, серьезно влияющие на объем выполняемых работ.

Вопросы планирования, оптимизации текущего, профилактического и капитального ремонтов и особенности вахтового метода работы являются предметом многочисленных исследований. В сборнике [4] приводятся основные профессии рабочих, наименования которых соответствуют «Общероссийскому классификатору профессий, должностей служащих и тарифных разрядов», и нормативы их численности для выполнения заданного объема работ.

Нормативная среднесписочная численность рабочих ($Ч_{н.ср.сп.}$) рассчитывается по формуле

$$Ч_{н.ср.сп.} = \sum_i H_{ч.ср.сп.i} \cdot V_i \cdot K_{1i} \cdot K_{2i} \cdot \dots \cdot K_{pi}, \quad (1)$$

где $H_{ч.ср.сп.i}$ — норматив среднесписочной численности рабочих, представленный в нормативных таблицах, на определенный i -й вид работ; V_i — планируемый объем работ i -го вида в соответствии с единицей измерения нормативной таблицы сборника; K_{1i} , K_{2i} ... K_{pi} — различные корректировочные коэффициенты.

Суммарная численность рабочих управлений (служб) по эксплуатации вахтовых поселков (УЭВП), рассчитанная по нормативам, является максимальной. Если фактическая среднесписочная численность рабочих, выполняющих все работы, предусмотренные сборником, меньше нормы среднесписочной численности ($Ч_{н.ср.сп.}$) за счет использования современных методов организации работ и высокой технической оснащенности средствами механизации

ции и вычислительной техники, то она не должна увеличиваться до нормативного значения.

Если фактическая численность рабочих УЭВП выше численности, определенной по нормативам сборника, то рекомендуется провести мероприятия по совершенствованию организации труда с целью сокращения численности рабочих и доведения ее до нормативной.

Вышеуказанный сборник является типовым и рекомендуется для расчета норм среднесписочной численности рабочих вахтовых поселков в ОАО «Газпром».

Работы М.О. Якобсона, А.И. Ящура [3] можно отнести к категории справочной литературы. В них приводятся нормативы трудозатрат на обслуживание единицы оборудования, частота текущих осмотров и ремонтов. В случаях, когда за основу расчетов берется объем выполняемых планово-предупредительных работ, используется следующая формула для расчета численности персонала:

$$\text{Ч}_{\text{н.ср.сп.}} = \sum (N_{\text{ТО}i} \cdot S_{\text{ТО}i} \cdot K_{\text{ТО}i} + N_{\text{ТР}i} \cdot S_{\text{ТР}i} \cdot K_{\text{ТР}i}) / T, \quad (2)$$

где $N_{\text{ТО}i}$, $N_{\text{ТР}i}$ — количество оборудования i -го вида, которому необходим соответственно текущий осмотр или текущий ремонт; $S_{\text{ТО}i}$, $S_{\text{ТР}i}$ — норма времени на выполнение данного вида работы (соответственно текущего осмотра и текущего ремонта) на единицу i -го вида оборудования; $K_{\text{ТО}i}$, $K_{\text{ТР}i}$ — периодичность соответственного текущего осмотра и текущего ремонта в год для i -го вида оборудования; T — количество нормочасов в данном календарном году.

При таких расчетах приходится оперировать среднестатистическими данными, что может вызвать нехватку ресурсов на выполнение внеплановых или аварийных работ. Кроме того, при использовании подобных методов:

1) нельзя ответить на вопросы, в каком объеме необходимо проводить работы: техническое обслуживание, текущий ремонт, капитальный ремонт;

2) о квалификации персонала;

3) не учитывается старение оборудования. Как правило, при устаревшем оборудовании требуется больше трудозатрат из-за уменьшения остаточного ресурса и увеличивающейся вероятности отказа;

4) численность персонала рассчитывается исходя из площади обслуживаемых объектов, без учета сложности и количества установленного на них оборудования;

5) не учитывается расстояние между объектами, что актуально для нефтегазовой отрасли, где множество объектов одного и того же структурного подразделения значительно удалены друг от друга. При этом подъездные пути приемлемого качества не всегда доступны. В этом случае зачастую принимается решение оставлять на удаленном промысле отдельный персонал. Но, как правило, расчетное значение необходимого числа работников не принадлежит целым числам, а следовательно, приходится либо увеличивать значение до следующего целого (таким образом, забирая часть ресурсов с других объектов), либо уменьшать (оставляя заведомо меньшее количество ресурсов на данном промысле).

Альтернативой статистическим методам может являться оригинальная аналитическая модель, разрабатываемая для конкретного объекта производства. Такая модель может учитывать особенности предприятия и специфические факторы, влияющие на технологические процессы, более детально, что

даст результат на порядок лучший по сравнению со статистическими расчетами. Один из примеров подобного подхода к планированию обслуживания оборудования — работа Е.Н. Окладниковой и Е.В. Сугак [5], в которой описаны математические модели расчета сроков технического обслуживания и экономико-математические критерии для определения продолжительности работы объекта между отказами.

К решению вопроса численности персонала и объема выполняемых работ можно подойти, используя теорию массового обслуживания (ТМО). Применение методов ТМО обосновывается тем, что системе технического обслуживания присущи процессы, состоящие из многих однородных элементарных операций (осмотр оборудования, замена вышедших из строя электрических установок, передвижение между объектами и т.д.), на которые влияют случайные факторы.

Для математического представления системы массового обслуживания необходимо описать свойства потока заявок (входящего потока однородных событий), ее структуру, дисциплину и характеристики обслуживания, критерии эффективности, позволяющие судить о ее пригодности к выполнению возложенных на нее функций, и выбрать оптимальные значения ее параметров (например, оптимальное число рабочих цеха). Однако при большом количестве параметров системы ее математическое описание становится громоздким и сложным. Поэтому логическим продолжением явилось имитационное моделирование систем массового обслуживания. За последние 10–15 лет оно стало одним из самых распространенных инструментов исследования сложных систем и процессов. Об этом свидетельствует множество факторов:

- увеличение числа тематических конференций, посвященных имитационному моделированию;
- рост на рынке программных продуктов, позволяющих проводить имитационные эксперименты;
- увеличение производительности компьютеров и их доступность широкому кругу пользователей.

Сущность метода имитационного моделирования применительно к задачам массового обслуживания состоит в построении алгоритмов, при помощи которых можно вырабатывать случайные реализации заданных потоков однородных событий, а также моделировать процессы функционирования обслуживаемых систем. Эти алгоритмы используются для многократного воспроизведения реализации случайного процесса обслуживания при фиксированных условиях задачи. Получаемая при этом информация о состоянии процесса подвергается статистической обработке для оценки величин, являющихся показателями качества обслуживания. При исследовании сложных систем методом имитационного моделирования существенное внимание уделяется учету большего количества факторов, в том числе имеющих стохастический характер. Это, в свою очередь, увеличивает точность прогнозирования по сравнению со стандартными статистическими методами.

Построим систему массового обслуживания и проведем ее исследование методом имитационного моделирования. За основу расчетов возьмем цех электротехнического персонала, обслуживающий оборудование нефтегазового предприятия. Объем трудозатрат рассчитаем, используя систему планово-предупредительных работ (2), а количество необходимого персонала — по методике, описанной в сборнике [4]. Моделирование будет проводиться с использованием программного продукта AnyLogic 6.5 University, разработчик XJ Technologies [6].

Модель системы массового обслуживания будет выглядеть следующим образом (рис. 1).

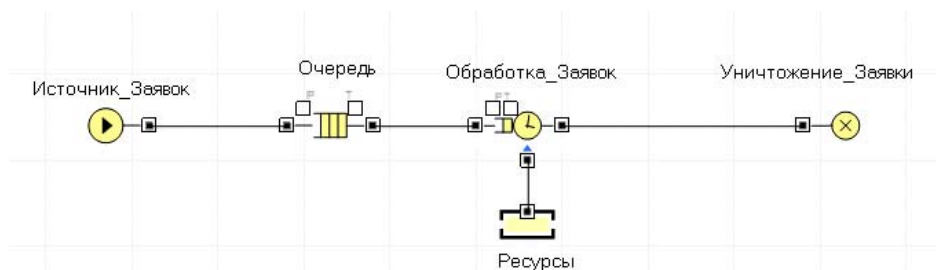


Рис. 1. Имитационная модель системы массового обслуживания. AnyLogic 6.5

Зададим параметры данной системы.

В качестве входящего потока требований примем планово-предупредительные работы. Среднее время обслуживания одной заявки и количество заявок в день указаны в табл. 1.

Таблица 1

**Средние значения ежемесячного объема
планово-предупредительных работ**

Количество заявок в месяц, шт.	2403
Количество заявок в день, шт.	80
Объем планово-предупредительных работ за месяц, чел./ч	9948,8
Среднее время обслуживания одной заявки, ч	4,1

Расчеты нормированной среднесписочной численности персонала сведены в табл. 2.

Таблица 2

Расчет нормированной среднесписочной численности персонала

№ п/п	Раздел нормативной табл., пункт по проекту сборника [4]	Норматив численности, чел.	Ед. изм.	Объем работ (кол-во оборудования)	Коэффициент				Нормативная среднесписочная численность, чел.
					K1 i (примечания к табл.)	K2 (Крайн. Север)	K3 (продолж. рабочей недели)	K4 (работа вахт. метод.)	
<i>ТО и ТР электрооборудования</i>									
Электродвигатели — 942 ед. (суммарная мощность установленного электрооборудования — свыше 10 000 квт)*									
1	3.5.2 п. 11-6	1,6	чел.	59	1	1,1	1	1,1	11,62
<i>Электроснабжение</i>									
Внутридомовое оборудование электроснабжения, общая площадь — 274 637,77 м ²									
2	3.5.1 п. 2	0,17	1000 м ²	22 486,50	1	1,1	1	1,1	56,49
<i>ТО и ТР кабельных линий</i>									
Кабельные линии электропередачи									
3	3.5.3 п. 2.3	0,022	км	1,2	1	1,1	1	1,1	1,89
<i>Всего</i>									70

Из табл. 2 получаем общую численность электромонтеров. С учетом вахтового метода работы и непостоянства персонала, ежедневно находящегося

на вахте, зададим количество работников в каждой смене изменяющимся числом от 30 до 40, что вполне реально для существующих предприятий.

Заданы следующие правила выполнения заявок:

1. Заявки поступают в 8-00 в количестве 80 шт.
2. Если на данный момент заявка не может быть обслужена, то она ставится в очередь.
3. Все невыполненные заявки переносятся на следующий день.
4. Все заявки имеют равный приоритет.
5. Работа ведется в две смены. Ночью работают дежурные — 2 чел., которые также выполняют заявки, находящиеся в очереди.
6. Время выполнения заявки будет генерироваться по закону распределения Пуассона от заданного значения 4,1 ч.
7. Заявку выполняет 1 чел., самостоятельно.

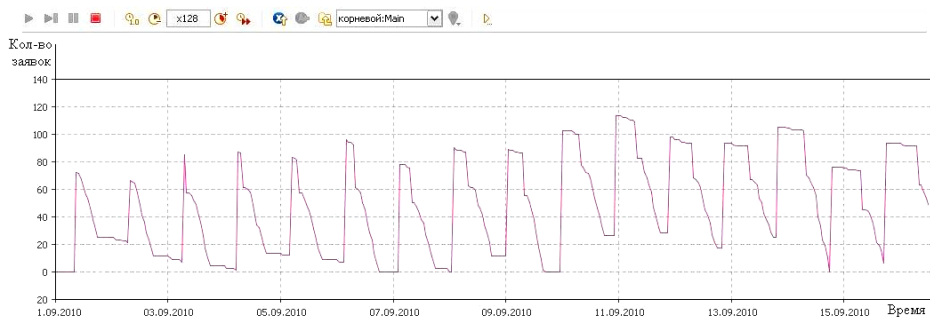


Рис. 2. Количество заявок в очереди

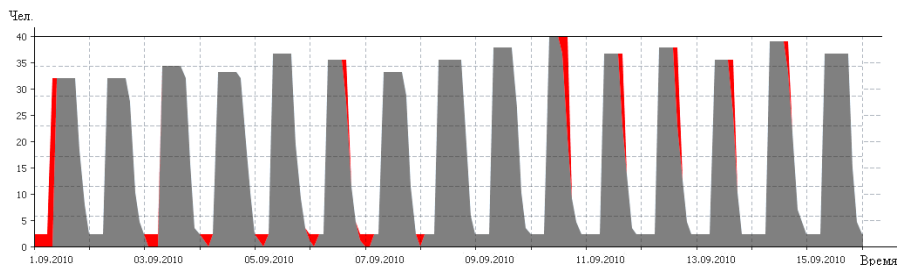


Рис. 3. Занятость персонала

На рис. 2 показана величина очереди заявок. Так как заявки поступают в начале дня, то происходит скачок графика вверх, но с течением дня заявки выполняются и очередь уменьшается. Из графика видно, что с 8 по 10 сентября заявки не успевают выполнить в срок и они переносятся на следующий день.

На рис. 3 показана загруженность персонала. Темным изображена величина задействованного персонала, светлым — свободные ресурсы.

Проанализировав полученный результат, можно сделать следующие выводы:

1. Заявки выполняются в полном объеме, при возможных задержках в несколько дней, связанных с нехваткой персонала.
2. Персонал цеха загружен полностью.

3. При возникновении аварийных ситуаций или внеплановых работах приходится частично отказываться от выполнения плановых работ.

Следует учесть, что использовалась элементарная модель, не усложненная разбросом объектов, задержками вахтового транспорта, внеплановыми работами, квалификацией персонала, износом и заменой оборудования, приоритетами заявок и т.д. Указанные дополнения неизбежно приводят к увеличению очереди заявок.

Таким образом, статистические методы и система планово-предупредительных ремонтов в существующем виде не обеспечивают максимально точного решения вопросов планирования труда и технического обслуживания оборудования. Разработка аналитических моделей специально для каждого вида производства выглядит задачей неоправданно громоздкой, особенно если требуется учитывать множество параметров и условную логику. Наиболее перспективным представляется дальнейшее развитие методов теории массового обслуживания и имитационного моделирования. Они позволяют наиболее точно смоделировать необходимые ситуации с учетом совокупности множества факторов, которые не могут быть приняты во внимание при использовании статистических методов и очень громоздко и трудоемко рассчитываются в аналитических моделях. Очевидным плюсом имитационного моделирования как альтернативного способа планирования работ является универсальность таких моделей и возможность их неоднократного применения на однотипных отраслевых предприятиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Федеральный закон* от 13 декабря 2010 г. № 357-ФЗ «О федеральном бюджете на 2011 год и на плановый период 2012 и 2013 годов» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://www.minfin.ru>.

2. *Центр* нормирования и информационных систем в жилищно-коммунальном хозяйстве. Рекомендации по нормированию труда работников, занятых содержанием и ремонтом жилищного фонда: Утверждены Приказом Госстроя России от 09.12.99. № 139.

3. *Ящура А.И.* Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования: Справочник. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005. 504 с.

4. *ЦНИСГазпром.* Нормативы численности рабочих управлений (служб) по эксплуатации вахтовых поселков, 2006. 42 с.

5. *Окладникова Е.Н., Сузак Е.В.* Планирование системы технического обслуживания [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=10427177>.

6. *Карпов Ю.Г.* Имитационное моделирование систем. Введение и моделирование в AnyLogic 5. СПб.: БХВ Петербург, 2005. 400 с.

A.B. Zhuravlev, A.L. Portnyagin

QUESTIONS OF CALCULATING NUMBER OF MAINTENANCE PERSONNEL AT ENTERPRISES OF OIL AND GAS COMPLEX

Subject to consideration being questions connected with labor planning and maintenance of equipment at enterprises of oil and gas complex under conditions of Far North and shift team labor method. The article gives a brief review of existing approaches toward solution of these questions.

Simulation, maintenance, system of preventative maintenance, number of personnel.