

## ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЛАНОВО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ РЕМОНТОВ СКВАЖИН РЕМОНТНЫМИ БРИГАДАМИ

Н. В. Самовендюк

*Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель О. Д. Асенчик

На любом предприятии или организации используется оборудование, которое находится в эксплуатации годы, а то и десятки лет. В связи с длительной эксплуатацией происходит износ различных узлов и механизмов, что приводит к отказу работы данного оборудования. Время, затраченное на ремонт оборудования, является негативным фактором, т. к. простой оборудования влечет за собой уменьшение прибыли. Своевременность контроля состояния и проведения профилактических ремонтов позволяет продлить срок службы такого оборудования, а проведение технического обслуживания по графику позволяет планировать расходы на приобретение комплектующих равномерно и исключить внеплановый расход денег.

Данный программный модуль позволяет автоматизировать процесс составления графиков профилактических ремонтов. При написании данного программного продукта в качестве исследуемой использовалась организация, осуществляющая ремонт нефтедобывающих скважин, однако модуль позволяет моделировать работу любой организации, осуществляющую аналогичную деятельность.

### Цель создания

Вследствие большого количества обслуживаемых скважин (около 1000), использование программного продукта позволит:

- существенно сократить временные и кадровые затраты на составление графиков ремонтов;
- исключить ошибки (промахи) при его составлении;
- оперативно составлять новые графики ремонтов после возникновения аварийных ситуаций, изменения количества ремонтных бригад и (или) изменения количества действующих скважин;
- принимать управленческие решения по реорганизации ремонтной службы.

Все вышеперечисленные факторы оказывают прямое влияние на объем добычи нефти, т. к. позволяют минимизировать убытки, связанные с простоем скважин.

### Исходные данные

- количество обслуживаемых скважин;
- количество обслуживающих бригад;
- время последнего ремонта каждой скважины на момент времени начала моделирования  $t = 0$  (одномерный массив);
- место нахождения каждой ремонтной бригады (номер скважины, «гараж») в момент времени начала моделирования  $t = 0$  (одномерный массив);
- среднее время между плановыми обслуживаниями каждой скважины (одномерный массив);
- среднее время обслуживания заданной скважины заданной бригадой (двумерный массив);
- общее время моделирования.

**Выходные данные**

- маршрут заданной ремонтной бригады – массив, содержащий номера скважин и моменты времени, в которые агрегат там находился;
- время нахождения каждой скважины в состоянии ожидания обслуживания;
- время нахождения каждой ремонтной бригады в состоянии ожидания заявки на обслуживание.

**Описание алгоритма****Инициализация**

Устанавливаем модельное время  $t = 0$ .

С использованием генератора случайных чисел генерируем начальный вариант списка  $R$ , содержащего информацию о номере ремонтной каждой бригады  $k$  и соответствующего времени готовности бригады к обслуживанию  $t_k^R$ :

$$R = \{(k, t_k^R), \quad k = 1, N\},$$

где  $N$  – количество бригад;

$$t_k^R = rnd(\mu, \sigma^2);$$

$rnd(\mu, \sigma^2)$  – случайная величина, равномерно распределенная с заданным математическим ожиданием и среднеквадратичным отклонением.

Сортируем список по возрастанию времен  $t_k^R$ .

Генерируем начальный вариант списка  $Q$ , содержащего информацию о номере  $i$  каждой скважины, межремонтного времени и времени обслуживания  $t_i^Q$   $k$ -й бригадой:

$$Q = \{(i, t_i^Q), \quad i = 1, M + 1\},$$

где  $M$  – количество ремонтных бригад.

$$t_i^Q = rnd(\mu, \sigma^2);$$

$rnd(\mu, \sigma^2)$  – случайная величина, равномерно распределенная с заданным математическим ожиданием и среднеквадратичным отклонением;

Сортируем список по возрастанию времен  $t_i^Q$ .

Генерация случайной величины осуществляется с помощью обратного преобразования [1, с. 504, 532].

**Основная программа**

Запускаем цикл перебора событий в списке  $R$ . Цикл длится до тех пор, пока  $t \leq T$ .

Внутри цикла последовательно запускаются подпрограммы *синхронизации*, *обработки событий* и *формирования выходных данных*. Действия, выполняемые внутри них, описаны ниже.

**Синхронизация**

Из списка событий готовности к обслуживанию ремонтных бригад  $R$  выбираем событие (элемент списка) с наименьшим временем  $t_{\min}^R = \min(\{t_k^R, k = 1..N\})$  и соот-

ветствующий номер ремонтной бригады  $k_{\min}^R$ . Так как список  $R$  упорядочен, то это – первый элемент списка.

Из списка событий требований обслуживания скважин  $Q$  выбираем событие (элемент списка) с наименьшим временем  $t_{\min}^Q = \min(\{t_i^Q, i = 1..M\})$ . Так как список  $Q$  упорядочен, то это – первый элемент списка.

Если  $t_{\min}^R \geq t_{\min}^Q$  (есть скважины, затребовавшие обслуживания), устанавливаем значение модельного времени  $t = t_{\min}^R$  и осуществляем сдвиг всех времен, меньших модельного, в списке  $Q$ , с занесением разности  $t - t_i^Q$  в соответствующий элемент массива накопления вынужденного простоя скважин.

Если  $t_{\min}^R < t_{\min}^Q$  (нет скважин, затребовавших обслуживания), устанавливаем значение модельного времени  $t = t_{\min}^Q$  и осуществляем сдвиг всех времен, меньших модельного, в списке  $R$ , с занесением разности  $t - t_i^R$  в соответствующий элемент массива накопления вынужденного простоя бригад.

### **Обработки событий**

Из списка событий готовности к обслуживанию ремонтных бригад  $R$  выбираем событие (элемент списка) с наименьшим временем  $t_{\min}^R = \min(\{t_k^R, k = 1..N\})$  и соответствующий номер ремонтной бригады  $k_{\min}^R$  (значения  $t_{\min}^R$  и  $k_{\min}^R$  вычисляются в подпрограмме *синхронизации*).

Вычисляем время освобождения от обслуживания  $k_{\min}^R$ -й бригады по формуле:  $t_{k_{\min}^R}^R = t + t_k^Q$  и заносим это время в список  $R$  вместо старого значения.

Вычисляем время требования следующего профилактического обслуживания  $i^Q$ -й скважины по формуле:  $t_i^Q = t_{k_{\min}^R}^R + t_i^Q$  и заносим это время в список  $Q$  вместо старого значения.

Сортируем списки  $R$  и  $Q$  по возрастанию времен.

### **Формирование выходных данных**

Программный модуль позволяет получить различные выходные данные:

- маршрут движения конкретной бригады с информацией о времени нахождения бригады на текущей скважине и времени перехода к следующей;
- полный график обслуживания скважин;
- сведения о том, какая бригада и в какой момент времени осуществляла профилактический ремонт конкретной скважины;
- суммарный простой  $k$ -й бригады и усредненный простой всеми бригадами; суммарный простой  $i$ -й скважины и усредненный простой всех скважин;

На основании суммарных простоев программный модуль позволяет проанализировать и принять решение по минимальному количеству бригад, необходимых для обслуживания скважин с минимальными простоями.

Работоспособность программного модуля проверялась с учетом возможности сверки с графиком ремонтов, составленным вручную. Для этого было выбрано:

- количество скважин – 100;
- количество бригад – 10;
- среднее межремонтное время – 150;
- среднее время ремонта  $k$ -й бригадой – 30.

Результаты, полученные с помощью программного модуля и рассчитанные вручную, полностью совпали, что дает основание говорить о правильной работоспособности модуля.

Кроме этого были оценены временные параметры расчета. Время моделирования задавалось таким образом, чтобы каждая скважина была обслужена  $N$ -е количество раз. Были получены следующие результаты: при времени моделирования  $10 \cdot \mu$  расчет занял 1 с, при времени моделирования  $10 \cdot \mu$  расчет занял 14 с.

Данные значения были выбраны исключительно для проверки работоспособности модуля. При составлении реальных графиков необходимо учитывать специфику организаций и конкретные значения межремонтного времени и времени ремонта.

#### Литература

1. Кельтон, В. Имитационное моделирование. Классика CS / В. Кельтон, А. Лоу. – 3-е изд. – Санкт-Петербург : Питер ; Киев : Издательская группа BHV, 2004. – 847 с.