где s_i^{k+1} - оценка *i-го* автомата в k+1-й партии игры, $\hat{s}_i^k$ - положение цели i-го автомата в k-й партии. Другими словами, это та оценка объекта, сообщенная i-м автомата, которая обеспечивает ему минимальное значение его целевой функции в k-й партии игры.

Выводы

В данной статье исследована одна процедура свертки – средняя арифметическая всех оценок, в дальнейшем, необходимо, используя другие процедуры свертки (среднее геометрическое, среднее гармоническое, и т.д) обосновать поведение экспертов и исследовать достоверность сообщаемой организатору экспертизы информации.

ЛИТЕРАТУРА

1.Бурков В.Н.,Джавахадзе Г.С.,Динова Н.И.,Щепкин А.В. Применение игрового имитационного моделирования для оценки эффективности экономических механизмов. РАН, ИПУ,М., 2002, 70 с.

2.Кулжабаев Н.М. Учебные деловые игры КазНТУ, Алматы, 1999, 130 с.

УДК 622.276.5.001

Кабылхамит Жанаргуль Тогайбаевна – преподаватель (Атырау, АИНиГ)
Оразбаев Батыр Бидайбекович – д.т.н., профессор (Атырау, АИНиГ)

ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ РАЗРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ УСЛОВИЯХ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СВОЙСТВ НЕФТЯНЫХ ПЛАСТОВ ВЕРОЯТНОСТНЫМИ МЕТОДАМИ

Математическое моделирование процессов в детерминированных условиях основывается на фундаментальные законы природы и на теоретические сведения об исследуемом объекте и процессе. Например, закона сохранения энергии можно использовать в моделях разработки нефтяных месторождений в виде дифференциального уравнения сохранения энергии движущихся в пластах веществ. Полная энергия единицы массы пласта $E_п$ состоит из отнесенных к единице массы внутренней удельной энергии пород пласта и насыщающих его веществ $U_п$, удельной потенциальной z и кинетической энергии веществ, движущихся в пласте со скоростью w. Поэтому

$$E_п=U_п+z+w^2/(2g). \qquad (1)$$

Из закона сохранения энергии или, точнее, из первого начала термодинамики следует, что изменение энергии пласта $\Delta E_п$, и производственной удельной работы δW равно количеству подведенного к пласту тепла $\delta Q_Т$, умноженного на механический эквивалент тепла A, т.е.

$$\Delta E_п+\delta W=A\delta Q_Т, \qquad (2)$$

или с учетом (1)

$$\Delta(U_{\hat{o}} + z + \frac{w^2}{2g}) + \delta W = A\delta Q_{\dot{U}} \qquad (3)$$

Дадим количественную оценку входящих в (2-3) величин. Удельная внутренняя энергия пласта $U_п$ при отсутствии в нем химических или ядерных превращений вещества представляет собой тепловую энергию в единице массы пласта, так что

$$\Delta U_{\hat{O}} = Ac\Delta T, \tag{4}$$

где c – удельная теплоемкость пласта; T – температура. Положим, что пористый пласт насыщен водой. Тогда $c = c_T(1-m) + c_в m$ (c_T – удельная теплоемкость пород пласта; $c_в$ – удельная теплоемкость воды, m – пористость).

Удельная потенциальная энергия z в пластах может изменяться в соответствии с возможными изменениями уровня движущихся в пласте веществ. Обычно это десятки и иногда сотни метров.

Оценим возможные изменения удельной кинетической энергии. Скорость w движения в пласте насыщающих его веществ изменяется в значительных пределах – от 0 до 10 м/сут=3650 м/год=$1{,}16 \cdot 10^{-4}$ м/с. Удельная потенциальная и удельная кинетическая энергия относятся только к насыщающим пласт веществам. Поэтому с целью их сравнения необходимо ввести коэффициент $\varepsilon \; \frac{\rho_{,} m}{\rho_{,} m + \rho_{\grave{U}}(1-m)}$, где ρ_T - плотность горных пород; ρ_B - плотность насыщающих пласт веществ; и умножить все виды удельной энергии, кроме внутренней, на ε. При $\rho_B = 10^3$ кг/м^3, $\rho_T = 2{,}25 \cdot 10^3$ кг/м^3 m=0,2 , ε=0,1.

Тогда для изменения удельной кинетической энергии получим [1]:

$$\varepsilon\Delta\left(\frac{w^2}{2g}\right) = \frac{0{,}1(1{,}16 \cdot 10^{-4})^2}{2 \cdot 9{,}81} = 0{,}68 \cdot 10^{-10} \, M \, .$$

Из приведенной оценки следует, что удельной кинетической энергией движущихся в пласте веществ можно всегда, кроме особых случаев движения веществ в призабойной зоне скважин, пренебречь.

Если изменение удельной потенциальной энергии движущегося в пласте вещества составляет даже 100 м, то при умножении этой величины на е получим 10 м. Изменение же температуры пласта всего на один градус равнозначно изменению удельной внутренней энергии почти на 200 м. Если разработка пласта ведется с использованием тепловых методов, то температура пласта может изменяться на сотни градусов, и его удельная внутренняя энергия станет преобладающей среди других видов энергии. Оценим возможную величину работы, которую могут производить насыщающие пласт вещества. Удельную работу δW, производимую насыщающим пласт веществом и отнесенную к единице массы вещества, определим следующим образом:

$$\delta W = p\delta\Delta V / (\rho g \Delta V), \tag{5}$$

где p - давление; ΔV - объем вещества, насыщающего пласт в элементарном объеме пласта; ρ - плотность этого вещества; g - ускорение свободного падения.

Поровый объем пласта остается, вообще говоря, неизменным, поскольку практически мало изменяются геометрия пласта и его пористость. Работа вещества в пласте связана всегда с его расширением. Поэтому в (5) введена величина $\delta\Delta V$, характеризующая расширение вещества. При этом условно можно считать, что вещество, насыщающее пласт, расширяясь, как бы выходит за пределы элементарного объема пласта. Будем считать, что при бесконечно малом расширении вещества в элементарном объеме пласта масса вещества $\Delta M = \rho\Delta V$ остается неизменной.

Тогда $\delta\Delta M = \delta\rho\Delta V + \rho\delta\Delta V = 0$ и, следовательно,

$$\delta\Delta V / \Delta V = -\delta\rho / \rho \tag{6}$$

Подставляя (6) в (5), получаем

$$\delta W = -\frac{p\delta\rho}{\rho^2 g} = \frac{p}{g}\delta\left(\frac{1}{\rho}\right). \qquad (7)$$

Оценим возможную работу вещества, насыщающего пласт. Очевидно, что наибольшую работу может производить в пласте газ. Для простоты оценки будем считать газ идеальным, для которого $p/\rho = p_0/\rho_0$, где p_0, ρ_0 - давление и плотность газа при начальных условиях. Отсюда для идеального газа

$$\varepsilon\delta W = -\frac{\varepsilon p_0}{\rho_0 g}\frac{\delta p}{p}. \qquad (8)$$

Пусть при снижении давления $\delta\rho$ =-10•10^5 Па, p=100$\times$10^5 Па, p_0=10^5 Па, ρ_0=1 кг/м^3, ε =0,1. Тогда [2]:

$$\varepsilon\delta W = \frac{0{,}1\cdot 10^5\cdot 10\cdot 10^5}{1\cdot 9{,}81\cdot 100\cdot 10^5} = 102\ M$$

Сделанная оценка показывает, что работа вещества, насыщающего пласт, хотя и намного меньше, чем изменение удельной внутренней энергии при тепловых методах разработки нефтяных месторождений, все же при определенных условиях, как это показывает опыт, может быть значительной.

Рассмотрим вопрос о том, чему равняется входящая в (2) и (3) величина δQ_T. Изменение количества тепла в элементе пласта может происходить за счет экзотермических химических реакций, гидравлического трения и за счет теплопроводности. Выделение тепла из элемента пласта за счет теплопроводности в дальнейшем будем учитывать при изменении внутренней энергии пласта $U_{п}$. Перенос тепла из пласта в кровлю и подошву будем учитывать соответствующими граничными условиями и поэтому в балансе энергии элементарного объема пласта его не будем принимать во внимание. Энергия движущегося в пористой среде вещества за счет гидравлического трения превращается в тепло. Для мощности гидравлического трения, отнесенной к единице массы движущегося вещества в элементе пласта, имеем следующее выражение:

$$\frac{\Delta N}{\rho g \Delta V_0} = \frac{1}{m\rho g}v \quad gradp = \frac{\mu v^2}{m\rho g k}. \qquad (9)$$

Допустим, что в пласте движется газ вязкостью μ =0,02$\times$10^{-3} Па•с со скоростью w=10^{-6} м/с$\approx$86,4•10^{-3} м/сут. Проницаемость пласта $k\approx$0,1 мкм^2, пористость m=0,2 , плотность газа ρ составляет 1 кг/м^3.

Тогда

$$\frac{\mu v^2}{m\rho g k} = \frac{0{,}02\cdot 10^{-3}\cdot 10^{-12}}{0{,}2\cdot 10^{-13}\cdot 981} = 1{,}02\cdot 10^{-6}\ м/с$$

В сутки из 1 кг движущегося в пласте газа будет выделяться $1{,}02\cdot 10^{-6}\cdot 0{,}864\cdot 10^5 = 0{,}088\ кг\cdot м/кг$ энергии. Это, конечно, небольшое значение. Однако, например, в призабойной зоне скважин скорость фильтрации того же газа может достигать 10^{-4} м/с и более. Тогда при тех же остальных условиях, что и выше, $\mu V^2/(m\rho g k) - 10^{-2}\ м/с$. В сутки из 1 кг фильтрующегося в пласте газа выделится энергии почти 9 кДж. Таким образом, можно заключить, что наиболее существенное изменение энергии в элементе пласта связано с переносом тепла за счет теплопроводности и конвекции. Определенный вклад в энергетический баланс пласта, особенно при высоких скоростях движения насыщающих его веществ, вносят работа расширения-сжатия веществ и гидравлическое трение.

Напишем уравнение сохранения энергии в пласте, учитывая теплопроводность и конвекцию, а также работу расширения-сжатия веществ и гидравлическое трение.

В соответствии с (5) и (6) работу движущегося вещества в элементарном объеме пласта в целом можно представить в следующем виде:

$$\delta W' = m\delta W = mp\frac{\delta \Delta V}{\rho g \Delta V} = -mp\frac{\delta \rho}{\rho^2}. \tag{10}$$

Работу W' можно приравнять к энергии сжатия $E_р$, поэтому

$$\delta W' = -m\delta E_p = m\int_{\rho_1}^{\rho_2}\frac{p\delta\rho}{\rho^2}. \tag{11}$$

где ρ_1 и ρ_2 - плотности.

Рассматривая, как и при выводе уравнения неразрывности массы фильтрующегося в пласте вещества, поток внутренней энергии $u = c\rho T$ и энергии сжатия $E_р$, а также считая, что тепло поступает в элементарный объем только за счет гидравлического трения, т.е. что $A\delta Q_T = v\ \ gradp$, получаем

$$A\left(\frac{\partial u}{\partial t} + divv_E u\right) + m\left(\frac{\partial \rho E_p}{\partial t} + divE_p\rho v\right) = vgradp. \tag{12}$$

Здесь v_E - вектор суммарной скорости теплопереноса в пласте за счет теплопроводности и конвекции; v - вектор скорости фильтрации. Выражение (12) и есть дифференциальное уравнение сохранения энергии в пласте, выведенное при указанных выше предположениях.

Рассмотрим законы фильтрации. Основным законом подземной гидромеханики является закон фильтрации однородной жидкости или газа - закон Дар си. Все известные законы фильтрации базируются на этом основном законе.

При фильтрации неоднородной жидкости или смесей жидкости и газа справедлив закон двухфазной фильтрации. В случае, например, совместной фильтрации нефти и воды формула закона фильтрации для прямолинейного движения записывается в следующем виде:

$$v_н \quad -\frac{kk_н(s)}{\mu_н}\frac{\partial p_н}{\partial x}, v_в = -\frac{kk_в(s)}{\mu_в}\frac{\partial p_в}{\partial x}, \tag{13}$$

где $V_Н$ - вектор скорости фильтрации нефти; $V_В$ - вектор фильтрации воды; $k_н(s)$, $k_в(S)$, $k_в(S)$ - относительные проницаемости соответственно для нефти и воды, зависящие от водонасыщенности s; $p_н$ и $p_в$ - давление соответственно в нефти и воде. Графики относительных проницаемостей для нефти и воды имеют вид, показанный на рисунок 2.1, на котором по оси абсцисс отмечены две характерные точки: $s_{св}$ и s_*.

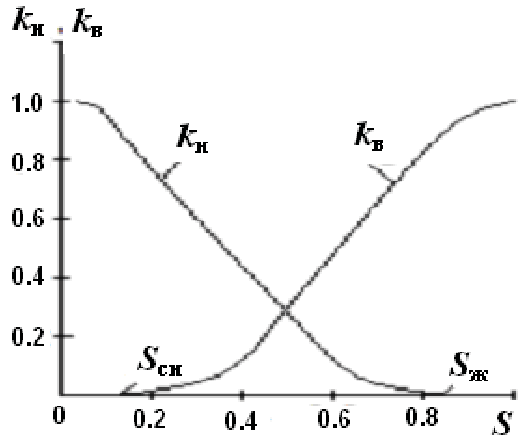

Рисунок 1. Графики зависимости $k_н$ и $k_в$ от $s_{св}$ и s_*.

В точке s=$s_{св}$ относительная проницаемость для воды равна нулю, так что $k_в(s_{св})$=0. В точке s=s_* относительная проницаемость для нефти $k_н(s_*)$=0, несмотря на то что в точке s=$s_{св}$ в пласте присутствует вода, а в точке s=s_*, имеется нефть. Однако при s=$s_{св}$ вода, содержащаяся в пористой среде пласта, диспергирована, раздроблена или, если это связанная вода, занимает преимущественно углы между зернами породы, тупиковые поры и т.д. Нефть, имеющаяся в пласте при s=s_*, также диспергирована, занимает в пористой среде тупиковые места и вытесняться из пласта не может. Аналогичные зависимости можно построить и для двухфазной фильтрации жидкости и газа. Одновременная фильтрации нефти, воды и газа изучена в меньшей степени, чем совместная фильтрация двух из этих веществ. При расчетах процессов разработки нефтяных месторождений, в которых возникает одновременная фильтрация нефти, воды и газа (трехфазная фильтрация), можно пользоваться следующим приемом. Вначале берут относительные проницаемости при двухфазной фильтрации жидкости (нефти и воды) и газа, для которой известны зависимости относительных проницаемостей для газа и жидкости $k_г(s_г)$ и $\kappa_ж(s_ж)$ от насыщенности пористой среды газом $s_г$ и жидкостью $s_ж$. Поскольку

$$s_г+s_ж=1;\ s_ж=s_в+s_н, \tag{14}$$

где $s_в$, $s_н$ - соответственно насыщенности пласта водой и нефтью, можно написать следующие выражения:

$$\frac{s_в}{s_{ж}}+\frac{s_н}{s_{ж}}=1;\ s=s_в/s_{ж}. \tag{15}$$

Затем учитывают уже относительные проницаемости для нефти $k_Н(s)$ и воды $k_В(s)$, определяя s из (15). Таким образом, формула закона совместной фильтрации газа, нефти и воды (многофазной фильтрации) принимает следующий вид:

$$v_Г=-\frac{kk_Г(s_Г)}{\mu_Г}\frac{\partial p_Г}{\partial x};\ v_н=-\frac{kk_{ж}(s_{ж})\kappa_н(s)}{\mu_н}\frac{\partial p_н}{\partial x};\ v_В=-\frac{kk_{ж}(s_{ж})\kappa_в(s)}{\mu_н}\frac{\partial p_в}{\partial x}. \tag{16}$$

Здесь $p_г$, $p_н$, $p_в$ - давление соответственно в газе, нефти и воде. Во многих случаях на движение в пласте веществ существенное влияние оказывает гравитационное поле Земли - сила тяжести. Влияние этой силы на разработку месторождений необходимо учитывать при движении в пласте разнородных веществ, значительно отличающихся по плотности (например, нефти и газа); большом наклоне или значительной толщине пластов; разработке нефтяных залежей, подстилаемых водой; образовании водо- и газонефтяных конусов и т.д. Поскольку сила тяжести имеет вертикальное направление, она не влияет на горизонтальные компоненты скорости фильтрации, а воздействует только на вертикальную компоненту. При двухфазной фильтрации газа и нефти с учетом гравитации используют следующие выражения для вертикальных компонент скорости фильтрации нефти и газа:

$$v_{Z\Gamma} = -\frac{kk_\Gamma(s_\Gamma)}{\mu_\Gamma}\left(\frac{\partial p}{\partial z} - \rho g\right);\ v_{zн} = -\frac{kk_н(s_н)}{\mu_н}\left(\frac{\partial p}{\partial z} - \rho g\right), \qquad (17)$$

где p - давление, принимаемое одинаковым в газовой и нефтяной фазах.

Рассмотрим *математическое описание свойств нефтяных пластов на основе вероятностных методов*. Теория вероятности и математическая статистика используются не только для построения моделей пласта, но и, прежде всего, для количественного описания свойств реальных пластов. При вероятностно-статистическом описании пластов наиболее важны следующие понятия теории вероятности [3,4].

1. Плотность статистического распределения параметров пласта или просто плотность распределения. Применительно к описанию слоистого пласта она отражает вероятность появления слоя (пласта или пропластка), имеющего значение некоторого параметра (например, абсолютной проницаемости), изменяющегося в пределах от x до $x+\Delta x$ (Δx - малая величина). В случае же однородного по площади пласта гистограмма проницаемости по аналогии имеет вид

$$\frac{\Delta S_i}{S} = f(k_i)\Delta k_i\,, \qquad (18)$$

где ΔS_i - часть общей площади нефтеносности S проницаемостью k_i. Плотность распределения некоторого параметра пласта l обозначим через $f(l)$.

2. Функция или закон распределения параметра пласта l, определяемая формулой

$$F(x) = \int f(x)dx + c\ . \qquad (19)$$

Так что $f(x) = F'(x)$

3. Математическое ожидание $\dot{a}(l)$ непрерывной случайной величины x, причем

$$M(x) = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx\ . \qquad (20)$$

Используют также понятие дисперсии случайной величины и другие понятия теории вероятности.

Для вероятностно-статистического описания распределения абсолютной проницаемости k в моделях слоистого и неоднородного по площади пластов можно применять нормальный закон распределения (закон Гаусса). Для этого закона плотность распределения проницаемости выражается следующей зависимостью:

$$f(k) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{(k-\bar{k})^2}{2\sigma^2}}\,, \qquad (21)$$

где параметр σ будет определен ниже.

По нормальному закону распределения пределы изменения k следующие: $-\infty \le k \le \infty$. Абсолютная проницаемость пласта k, которую будем называть просто проницаемостью, конечно, не может принимать отрицательных значений, как и не может быть бесконечно большой. Однако по нормальному закону распределения проницаемость может быть отрицательной и бесконечной. Для избежания этого несоответствия можно исключить из нормального закона ту часть, которая соответствует изменению проницаемости в пределах $-\infty \le л \le 0$. Для полного нормального закона распределения проницаемости $F(k)$ имеем следующее выражение:

$$F(k) = \int_{-\infty}^{k} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(k-\bar{k})^2}{2\sigma^2}} dk \qquad (22)$$

Рассмотрим процесс вычисления интеграла (22). Для этого разобьем (22) на части следующим образом:

$$F(k) = \int_{-\infty}^{0} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(k-\bar{k})^2}{2\sigma^2}} dk + \int_{0}^{k} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(k-\bar{k})^2}{2\sigma^2}} dk \qquad (23)$$

Полагая далее $k - \bar{k} = -\xi$, из (23) получаем

$$F_1(k) = -\int_{-\infty}^{0} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\xi^2}{2\sigma^2}} d\xi = \int_{0}^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\xi^2}{2\sigma^2}} d\xi \qquad (24)$$

Обозначим

$$\frac{\xi}{\sigma\sqrt{2}} = \lambda; \quad \frac{d\xi}{\sigma\sqrt{2}} = d\lambda,$$

тогда

$$\int_{0}^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\xi^2}{2\sigma^2}} d\xi = \int_{0}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-\lambda_2} d\lambda = \frac{1}{2}; \qquad (25)$$

$$F_2(k) = \int_{0}^{k} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(k-\bar{k})^2}{2\sigma^2}} dk = \frac{1}{2} erf\left(\frac{k-\bar{k}}{\sigma\sqrt{2}}\right), erf\left(\frac{k-\bar{k}}{\sigma\sqrt{2}}\right) = \frac{2}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{0}^{\frac{k-\bar{k}}{\sigma\sqrt{2}}} e^{-\frac{(k-\bar{k})^2}{2\sigma^2}} dk \qquad (26)$$

Окончательно имеем

$$F(k) = \frac{1}{2}\left[1 + erf\left(\frac{k-\bar{k}}{\sigma\sqrt{2}}\right)\right] \qquad (27)$$

Выводы

Изучены основы моделирования процессов разработки УВМ в детерминированных условиях на основе закона сохранения энергии. Получена оценка, из которой следует, что удельной кинетической энергией движущихся в пласте веществ можно всегда, кроме особых случаев движения веществ в ПЗС, пренебречь. Определено, что работа вещества, насыщающего пласт, хотя и намного меньше, чем изменение удельной внутренней энергии при тепловых методах разработки УВМ, при определенных условиях, может быть значительной. На основе основного закона подземной гидромеханики - закона фильтрации однородной жидкости, газа т.е. закона Дарси приведена формула закона совместной фильтрации газа, нефти и воды (многофазной фильтрации). Дано математическое описание свойств нефтяных пластов на основе вероятностных методов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Желтов Ю.П. Разработка нефтяных месторождений. Учебное пособие для вузов. М., ОАО Недра, 1998, 365 с.

2. Лысенко В.Д. Зависимость коэффициента продуктивности скважины от ее забойного давления. М., ВНИИОЭНГ, 1993, с. 24-31.

3. Максимов М.М., Рыбицкая Л.П. Математическое моделирование процессов разработки нефтяных месторождений. М., Недра, 1996.

4. Гмурман В.Е. Введение в теорию вероятностей и математическую статистику. М., Высшая школа, 1977.

УДК 519.876.5

Укубасова Галия Сагандыковна - к.э.н., доцент, докторант программы Ph.D (Алматы, КазЭУ)

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

Со структурной единицей и формой выражения информации тесно связано понятие кода. В социально-технических системах код представляет собой значение знака или слова естественного языка, выраженное в символах какого-либо искусственного языка. Символы выбираются и строятся с таким расчетом, чтобы их можно было легко преобразовать в сигналы, воспринимаемые и компьютером и человеком.

Важным понятием в компьютерной сети является поток информации – направленное движение информации от источника к получателю. Направление потока задается, как правило, адресами источника и получателя информации. Содержание потока – перечень структурных единиц информации. Объем потока определяется количеством структурных единиц, обычно с указанием их максимальной длины. Режим потока определяется периодом времени между сообщениями.

Для анализа компьютерных сетей воспользуемся теоремой Джексона (Jackson J.R.) [1]. Эта теорема основана на трех принципах:

1. Сеть очередей состоит из N узлов, каждый из которых представляет независимое обслуживание с экспоненциально распределенным временем.
2. Запросы поступают в систему снаружи на любой из узлов с частотой, распределенной по Пуассону.
3. После обслуживания на узле запрос немедленно с некоторой фиксированной вероятностью поступает на другой узел или покидает систему.

Каждый узел может анализироваться отдельно от остальных при помощи схем M/M/1 и M/M/N, а результаты могут комбинироваться использованием обычных статистических методов. Средние значения времени задержки на узлах можно складывать.

Теоремы Джексона можно использовать в сетях с коммутацией пакетов. Каждый пакет представляет собой индивидуальный запрос. Обслуживание на каждом узле заключается в передаче пакета, а время обслуживания пропорционально длине пакета.

Дисциплина обслуживания с абсолютным приоритетом находит широкое применение в существующих и разрабатываемых системах и комплексах [2-5].

В работе [3] выведены инженерные формулы для определения характеристик обслуживания потока запросов различных приоритетов для многоканальной системы. Рассмотрим функционирования одноканальной одноузловой и многоузловой компьютерной сети с ограниченной очередью и абсолютным приоритетом. Интенсивность входящей нагрузки первого и второго приоритетов соответственно равны p_1 и p_2. Поток с номером 1 имеет абсолютный приоритет перед потоком с номером 2.

Используя [3] для одноканальной одноузловой компьютерной сети с ограниченной очередью и абсолютным приоритетом получены следующие зависимости,