Шаг по времени:

1. Определение давлений в узлах и скоростей флюидов при фиксированном положении менисков из условия равенства нулю суммы потоков в каждом узле. (сделано)
2. Выбор шага интегрирования dt из условия, что ближайший к узлу мениск достигает узла (сделано)
3. Перемещение менисков в трубках в соответствии с полученными скоростями в трубках. (сделано). При этом ни один мениск не пересекает узел из-за выбора шага.
4. Распределение потоков фаз в каждом узле и расчет среднего (на шаге по времени) перепада капиллярного давления в трубках. Суммарный объем, втекающий в узел, равен объему, вытекающему из узла, в силу шага 1, поэтому, достаточно распределить входящий в узел за dt объем каждой фазы, по объемам, освободившимся в трубках на этом шаге.

*Шаг 1.* Входящий объем смачивающей фазы v1 и несмачивающей фазы v2 считаем суммированием по всем трубкам, в которых скорость направлена в узел.

*Шаг 2.* Считаем объемы, освободившиеся в каждой трубке, в которой скорость направлена из узла исходя из скорости в этой трубке, ее радиуса и шага по времени. Распределяем v1 и v2 по этим объемам, используя следующий алгоритм.

Если радиусы всех трубок, в которых скорость направлена из узла, равны, заполняем освободившиеся объемы поровну каждой фазой.

Если радиусы разные, то распределяем объем v1 смачивающей жидкости по трубкам по возрастанию их радиуса. Оставшийся объем заполняем несмачивающей жидкостью.

В трубки, в которые попадают обе жидкости, для определенности, жидкость отличную от резидентной помещаем в начало трубки, это приведет к появлению нового мениска. Максимальное количество менисков в каждой трубке, которое появится в результате этой процедуры -3.

*Шаг 3.* Избавление от третьего мениска (Слияние капель). В тех трубках, где после шага 2 появился третий мениск необходимо перераспределить жидкости так, чтобы 1)осталось два мениска, 2) центры масс каждой жидкости остались неподвижны (это гарантирует, что средняя скорость движения фаз в трубке равна скорости, определенной для этой трубки на шаге 1)

*Шаг 4. Вычисление среднего перепада капиллярного давления в исходящих из узла трубках.* Исходные данные (маркер жидкости в удаленных от узла концах трубок (m\_outflow), например, m\_outflow=1-вытекает смачивающая жидкость, m\_outflow=2 – несмачивающая жидкость), объемы несмачивающей (vol2) и объем смачивающей жидкости (vol1), поступающие в (каждую) исходящую трубку – результат *Шага 2*. Следовательно, на временном шаге dt в течение времени *dt\*(vol2/(vol1+vol2))* в трубку поступала несмачивающая жидкость и в течение времени *dt\*(vol1/(vol1+vol2)) –* смачивающая. Следовательно, средний по времени на шаге dt перепад капиллярного давления между концами трубки равен

*Dpc(1,m\_outflow)\*(vol1/(vol1+vol2))+ Dpc(2,m\_outflow)\*(vol2/(vol1+vol2))*

где

*Dpc(i,j) =0, если i=j*

*Dpc(1,2)=- Dp(2,1) –* скачок капиллярного давления на мениске когда на входящем конце смачивающая жидкость (1), а на исходящем – несмачивающая (2).

*В статическом случае, если фильтрации нет, vol1=vol2=0, перепад капиллярного давления вычислять по количеству менисков: два мениска перепад =0, один мениск – перепад вычисляется в зависимости от его ориентации.  
  
  
Time step:*

1. Determination of pressures in nodes and fluid velocities at a fixed position of the menisci from the condition that the sum of flows in each node is equal to zero. (done)

2. Selection of the integration step dt from the condition that the meniscus closest to the node reaches the node (done)

3. Movement of the menisci in the tubes in accordance with the obtained velocities in the tubes. (done). At the same time, no meniscus crosses the node due to the choice of step.

4. Distribution of phase flows in each node and calculation of the average (in time step) capillary pressure drop in the tubes. The total volume flowing into the node is equal to the volume flowing out of the node, due to step 1, therefore, it is sufficient to distribute the volume of each phase entering the node for dt, according to the volumes released in the tubes at this step.

Step 1. The incoming volume of the wetting phase v1 and the non-wetting phase v2 is considered to be the summation of all the tubes in which the velocity is directed to the node.

Step 2. We calculate the volumes released in each tube in which the velocity is directed from the node based on the velocity in this tube, its radius and time step. We distribute v1 and v2 over these volumes using the following algorithm.

If the radii of all the tubes in which the velocity is directed from the node are equal, we fill the freed volumes equally with each phase.

If the radii are different, then we distribute the volume v1 of the wetting liquid through the tubes in ascending order of their radius. Fill the remaining volume with a non-wetting liquid.

In the tubes into which both fluids fall, for certainty, we place a liquid other than the resident one at the beginning of the tube, this will lead to the appearance of a new meniscus. The maximum number of menisci in each tube that will appear as a result of this procedure is 3.

Step 3. Getting rid of the third meniscus (Merging of drops). In those tubes where the third meniscus appeared after step 2, it is necessary to redistribute the fluids so that 1)there are two menisci left, 2) the centers of mass of each fluid remained stationary (this ensures that the average velocity of the phases in the tube is equal to the velocity determined for this tube in step 1)

Step 4 Calculation of the average capillary pressure drop in the tubes coming from the node. Initial data (liquid marker at the ends of the tubes removed from the node

(m\_outflow), for example, m\_outflow=1-wetting liquid flows out, m\_outflow=2 –

non–wetting liquid), volumes of non-wetting liquid (vol2) and volume of wetting

liquid (vol1) entering (each) outgoing tube - result of Step 2

Consequently, at the time step dt, during the time dt\*(vol2/(vol1+vol2))

, a non–wetting liquid entered the tube and during the time dt\*(vol1/(vol1+vol2)) -

wetting. Therefore, the average time difference in the dt step

of the capillary pressure between the ends of the tube is equal to

Dpc(1,m\_outflow)\*(vol1/(vol1+vol2))+ Dpc(2,m\_outflow)\*(vol2/(vol1+vol2))

where

Dpc(i,j) =0 if i=j

Dpc(1,2)=- Dp(2,1) – a jump in capillary pressure on the meniscus when

there is a wetting liquid at the incoming end (1), and a non–wetting liquid at the outgoing end (2).

In the static case, if there is no filtration, vol1=vol2=0, the capillary pressure

drop is calculated by the number of menisci: two menisci drop =0, one meniscus difference

is calculated depending on its orientation.