

оказывающих влияние на этот параметр, приняты: температура наружного воздуха, тип вагона, скорость движения поезда.

Значения групповых коэффициентов использования высоковольтных нагревательных элементов в зависимости от температуры наружного воздуха определены путем анализа статистических данных по расходу электроэнергии высоковольтными нагревательными элементами котла вагонов поездов формирования Минского вагонного участка Белорусской железной дороги.

Критерием адекватности методик нормирования потребления электроэнергии на отопление пассажирских вагонов является соответствие рассчитанных и фактических средних величин суточных расходов электроэнергии при определенных температурах наружного воздуха. Анализ результатов трех вышеуказанных методик показал следующее:

1) методика, разработанная в БелГУТе, имеет наименьшую погрешность определения удельного расхода электроэнергии на отопление пассажирского вагона, которая в среднем не превышает одного процента;

2) в отдельные временные интервалы погрешность определения удельного расхода электроэнергии на отопление пассажирского вагона по всем методикам может превышать 20 % и более. Это может быть обусловлено отличием нормативных температур наружного воздуха от фактических, а также неправильным определением вагоно-суток с использованием электроэнергии на отопление вагонов.

УДК 628.516: 656.2

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОГЛОЩЕНИЯ ЭКОТОКСИЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВАХ И ИХ МИГРАЦИИ ВО ВРЕМЕНИ В ГРУНТАХ РАЗЛИЧНОГО ТИПА

Н. В. МОСКАЛЁВ, В. М. БЕЛЬКОВ

Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта

Наиболее распространенными загрязнителями территорий предприятий железнодорожного транспорта являются нефть и нефтепродукты, антисептики, а также остатки перевозимых грузов и отходы производства. В большей степени загрязнены нефтепродуктами территории нефтеналивных станций, промыочно-пропарочных станций, шпалопропиточных заводов, тракционные пути локомотивных депо. Причиной загрязнения грунтов является нарушение производственной деятельности предприятий, в том числе аварийные ситуации.

В ноябре 1995 г. была введена в действие "Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах", в которой оценка величины ущерба природной среде осуществляется на основании расчета количества вылившейся из нефтепровода нефти, площади загрязнения земель и статической нефтеёмкости грунтов. Методика позволяет определять только максимальную величину ущерба, соответствующую полному количеству вылившейся нефти.

В данной работе рассматриваются вопросы заземления газа в пористой среде, прогнозирование распространения экотоксикантов во времени по поверхности и в глубь грунта и подземных вод. Учитывается влияние грунтовых вод на динамику миграции экотоксиканта, анизотропия проницаемости грунта, наличие в грунте глинистых прослоев, имеющих значительно меньшую проницаемость по сравнению с основным его объёмом, что крайне важно для организации работ по очистке загрязненного участка и правильного расчёта ущерба окружающей среде.

При попадании нефтепродуктов на поверхность грунта начинается процесс их капиллярного поглощения. Капиллярное поглощение грунтами жидкостей представляет собой сложный физико-химический процесс. Одновременно с процессами пропитки в объеме и на поверхности пор грунта происходит растекание нефтепродукта по поверхности грунтовых вод, наблюдаются электрические и адсорбционные явления, диффузия экотоксиканта в подземные воды, могут происходить заземление воздуха и диффузия паров экотоксиканта в поровом пространстве грунта. При капиллярном поглощении на фронте пропитки образуются зоны с переменной насыщенностью.

Описание процесса капиллярной пропитки, осложненной диффузией, адсорбцией, растворени-

ем и растеканием, является динамической задачей физико-химической гидродинамики, для решения которой необходимо трёхмерное моделирование миграции экотоксиканта в поровом пространстве грунтов.

Актуальность решения задачи капиллярного проникновения опасных жидкостей в почву и грунты обусловлена необходимостью обеспечения оперативной и наиболее полной очистки загрязненных участков при аварийных разливах жидких грузов, что максимально снижает ущерб, наносимый при этом окружающей природной среде.

В связи с поставленной проблемой в данной работе рассмотрены вопросы капиллярного проникновения нефтепродуктов в грунты различного типа для следующих случаев:

- при аварийных разливах опасной жидкости на горизонтальную и наклонную поверхности, во впадину;
- при поглощении жидкости грунтами в отсутствие грунтовых вод и при наличии последних;
- при пропитке разлившимся жидким грузом изотропных грунтов и неоднородных грунтов с прослоями, проницаемость которых в десять и более раз превышает проницаемость основного объема грунта.

Детальное рассмотрение процессов проникновения и миграции жидкостей в грунтах и почвах позволит более точно рассчитывать действительный объем загрязняющего вещества, проникшего в грунт, и прогнозировать его миграцию во времени и пространстве.

Многовариантность аварийных ситуаций, сопровождающихся разливом опасных для окружающей среды жидкостей, делает даже такой детальный подход к расчету объемов загрязненного грунта неполным.

Для решения трёхмерных задач, зная поверхностное натяжение, сдвиговую вязкость, динамический краевой угол смачивания, строение порового пространства, а также другие условия, необходимо найти функции пространственного распределения экотоксиканта в объеме грунта, координаты переднего фронта пропитки и вид функции насыщения на фронте для любого момента времени и в любой точке. Теория поглощения жидкости должна учитывать следующие основные стороны этого сложного физико-химического процесса:

- баланс веществ в процессе их движения и распределения в сорбирующей среде;
- кинетику и статику адсорбции веществ;
- гидродинамику процесса и кинетику заполнения прослоев для бипористых сред;
- баланс тепла и теплопередачу в процессе движения жидкости в пористой среде;
- начальные условия – значения функций в начальный момент времени;
- граничные условия – значения функций на границах раздела пористая среда – жидкость, пористая среда – пористая среда, пористая среда – воздух.

Поставленные задачи решались методами термодинамики необратимых процессов, в частности, использовался математический аппарат подземной гидродинамики. В рассматриваемых задачах поглощения экотоксичных жидкостей поровым пространством грунта одновременно рассматриваются три фазы: органическая жидкость – воздух – вода.

Системы дифференциальных нелинейных уравнений параболического типа, к которым сводятся задачи динамики пропитки, с трудом поддаются решению в аналитической форме, и то лишь в частных случаях и к тому же при упрощающих допущениях.

Математический аппарат для нахождения точных аналитических решений нелинейных уравнений не разработан. В последние годы для решения нелинейных уравнений широко используется теория групп Ли. Инфинитезимальные операторы переводят нелинейные уравнения в частных производных в обыкновенное дифференциальное уравнение в пространстве новых переменных. Инвариантные или автомодельные решения, получаемые с помощью теории групп Ли, – асимптотические, т.е. устанавливаются через некоторое время.

Найдены решения задач динамики капиллярного поглощения экотоксичной жидкости для следующих типов грунтов: однородными изотропными грунтами; неоднородными слоистыми грунтами, влажными грунтами; однородными изотропными наклонными грунтами.

Комбинируя разработанные математические модели поглощения экотоксикантов, можно прогнозировать их миграцию во времени и пространстве в грунтах с достаточно сложной структурой, что, в свою очередь, позволит обеспечить оптимизацию ликвидации последствий аварийной ситуации и минимизацию нанесенного разливом жидкого груза ущерба окружающей природной среде.