

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НЕОТАПЛИВАЕМОЙ ПОДЗЕМНОЙ АВТОСТОЯНКИ

Строительная отрасль является главным потребителем тепла и энергии. Ежегодно она расходует около 60% всего добываемого топлива, идущего на внутренний рынок. В связи с этим актуальной является проблема энергосбережения. Среди причин нерационального расхода тепла в зданиях можно выделить следующие: недостаточная теплоизоляция ограждений (наружных стен, покрытий, потолков подвалов и чердаков, окон), с одной стороны, и нерациональное использование теплоизоляции – с другой стороны. Это показывает, что вопрос об утеплении их ограждающих конструкций изучен недостаточно.

В данной статье поставлена задача расчетным путем оценить возможность эксплуатации подземной автопарковки в неотапливаемом режиме (считается, что в этом случае основную опасность представляют: промерзание и морозное пучение грунта под днищем).

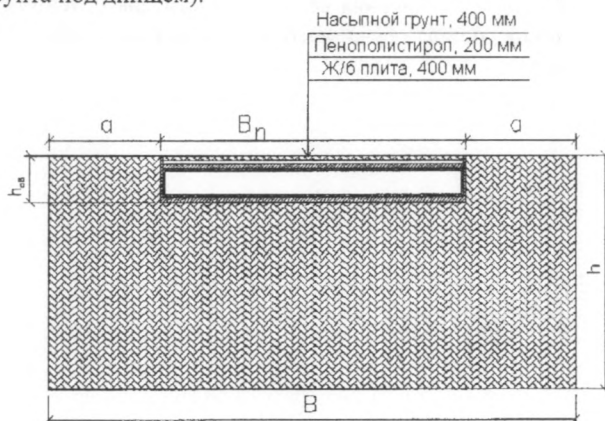


Рис. 1. Расчетная модель

Расчетная модель подземной парковки приведена на рис. 1. Выбрана плоская расчетная модель единичной толщины. Принято, что в направлении, перпендикулярном плоскости чертежа конструкции, грунтовые условия однородны. Размеры расчетной модели: a - ширина слоя окружающего грунта, B_n - ширина автостоянки, h_{ab} - глубина заложения автопарковки, h - высота расчетной модели. В данной статье в качестве примера выбраны следующие размеры подземной автостоянки: ширина парковки принята равной $B_n = 25$ м; парковку окружает грунт шириной слоя (a) от парковки до границы расчетной модели равной 9 м (из условия того, чтобы тепловые потоки у боковых стен парковки не влияли на тепловые потоки на границы модели); высота расчетной модели h

принята равной сумме высот глубины заложения автопарковки ($h_{ab}=3,7$ м) и константы, численно равной 15 м (назначенной из условия того, чтобы тепловой режим автостоянки и на поверхности земли не влиял на температуру грунта на нижней, заглубленной границе расчетной модели). Покрытие автостоянки состоит из: насыпной грунт – 400 мм, пенополистерол – 200 мм, монолитная железобетонная плита – 400 мм. Пол автопарковки состоит из монолитной железобетонной плиты толщиной 400 мм. Высота автостоянки в свету – 2300 мм. Состав покрытия автостоянки показан на рис. 1. В качестве грунта приняты суглинки для данной расчетной модели. Граничные и начальные условия с учетом симметрии показаны на рис. 2 для половины расчетной модели.

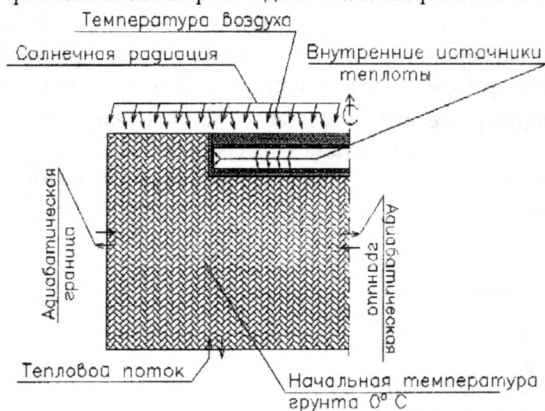


Рис. 2. Граничные условия (с учетом симметрии)

Учитывались температура наружного воздуха, солнечная радиация, температура воздуха внутри помещения. Кривые зависимости температуры наружного воздуха и величины солнечной радиации для условий города Екатеринбурга приведены на рис. 3 и 4.

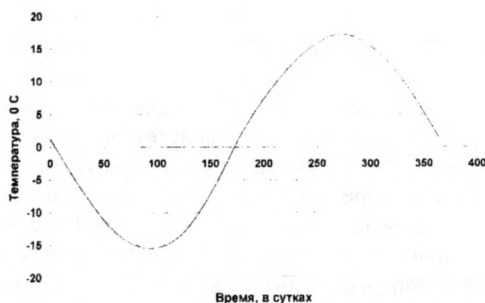


Рис. 3. Кривая температуры наружного воздуха в Екатеринбурге (начало исчисления с 15 октября)

Учтены нелинейные зависимости свойств грунта (теплоемкости и теплопроводности) от температуры. Нелинейность теплофизических свойств грунтов вызвана различием значений характеристик для талого и мерзлого

состояния грунта. Диапазон температур, в пределах которого происходят фазовые переходы, для суглинков находится в пределах от 0°C до -2°C . Зависимость теплопроводности от температуры показана на рис. 5. Для теплоемкости грунта сохраняется нелинейность свойств, характерная для теплопроводности грунта. Принято, что тепловыделения/теглопоглощения, связанные с фазовыми переходами воды, учтены при задании зависимости теплоемкости грунта от температуры. В этом случае на графике зависимости удельной теплоемкости от температуры, показанном на рис. 6, появляется характерный скачок на интервале температур основных фазовых переходов от -2°C до 0°C . Количественно площадь скачка на рис. 6 равна удельной теплоте фазовых переходов объема жидкости в грунте. С достаточной для расчетной практики точностью принято, что начало диапазонов фазовых переходов соответствует температуре начала замерзания грунта (хотя для реальных грунтов эта температура несколько меньше 0°C). Нижняя граница диапазонов фазовых переходов условно принята за температуру конца замерзания (т.к. при данной температуре в грунте уже не остается большого количества незамерзшей воды).

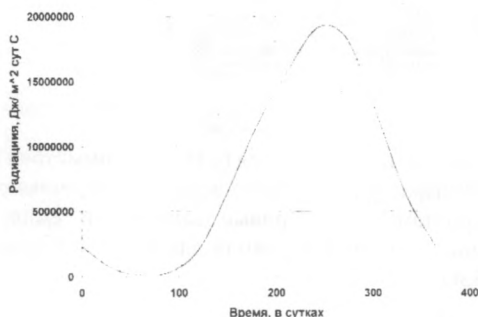


Рис. 4. Кривая солнечной радиации в Екатеринбурге (начало исчисления с 15 октября)

Внутреннее пространство автостоянки в расчетной модели представлено в виде материала со специфическими свойствами, который условно можно назвать «твердый воздух». Свойства «твердого воздуха» подбираются таким образом, чтобы процесс перемешивания воздуха внутри помещения заменялся эквивалентной теплопроводностью материала. Свойства «твердого воздуха» подбирались из условия того, чтобы разность температур между потолком и полом помещения автопарковки была меньше 5°C (принято из практических соображений). Численные исследования показали, что для условий города Екатеринбурга в первом приближении можно принять следующие характеристики «твердого воздуха»: плотность – 150 кг/м^3 ; удельная теплоемкость – $1500 \text{ Дж/кг}^{\circ}\text{C}$, теплопроводность – $50 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$. Кроме этого, в расчетной модели учитывалось тепло, выделяемое осветительными приборами.

Численное решение описанной выше нестационарной задачи с нелинейной зависимостью свойств материалов модели от температуры методом конечных элементов показало, что:

- температурный режим стабилизируется к 4-6 годам эксплуатации и в дальнейшем не меняется;
- наиболее холодным месяцем для условий города Екатеринбурга является март (температура в помещении: $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$; в грунте под сооружением: $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- для требуемого нормами теплового режима внутри автостоянки достаточно утеплить потолок и верхнюю часть боковых стен на расстоянии $1/3$ глубины заложения автопарковки, предварительно определив рациональную толщину утеплителя.

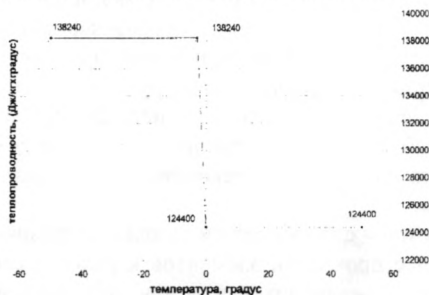


Рис. 5. График зависимости теплопроводности грунта от температуры

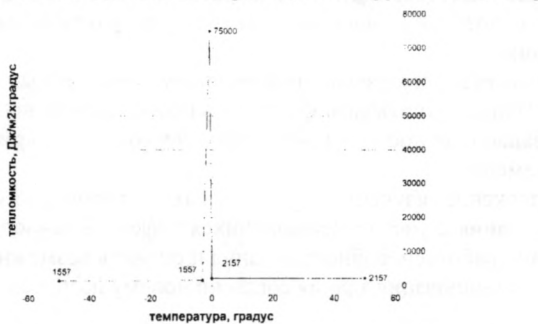


Рис. 6. График зависимости удельной теплоемкости грунта от температуры с учетом фазовых переходов воды

Работа выполнена под руководством проф., доктора техн. наук А.С. Носкова