

сы, приводящим к разрушению каменной кладки, бетона, древесины. Микроорганизмы (бактерии, микромицеты, микроводоросли, мицелии многих грибов), попадая в трещины/микротрещины в строительных материалах, в места сочленения различных конструкций, при благоприятных условиях начинают развиваться, накапливая биомассу (рисунок 1). Макроорганизмы (самосевные травы и деревья), поселившиеся на стенах, других элементах зданий и сооружений или поселившихся в непосредственной близости от них, способны своей корневой системой разрушать кладку стен, фундаменты и т. п. Даже после физического удаления наружных частей растений их корневая система, оставшаяся в кладке стен, может со временем вновь дать побеги или стать питательной средой для других биодеструкторов.

Биокоррозия – поверхностное биоповреждение металла, камня и бетона. Наиболее часто коррозию металлов связывают с жизнедеятельностью литотрофных бактерий: сульфатовосстанавливающих бактерий (СВБ) родов *Desulfovibrio* и *Desulfotomaculum* и тионовых бактерий рода *Tiobacillus*, окисляющих серу и соединения серы до серной кислоты; железобактерий рода *Callionella* и *Sperotilus*, окисляющих закисное железо до окисного. Коррозия металлов под действием СВБ связана с образованием сероводорода и сульфидов в результате восстановления сульфатов. Удаление водорода с поверхности металла приводит к образованию сульфида и гидроксида железа. Коррозия железа и стали под действием СВБ обычно имеет характер местной и язвенной коррозии. Для биокоррозии бетонных материалов характерен непосредственный контакт биоорганизмов с наружной или внутренней поверхностью конструкции (рисунок 2). В процессе метаболизма они взаимодействуют с материалом, в результате чего снижают прочность или ухудшают другие эксплуатационные качества материала. Также биоорганизмы являются продуцентами веществ, агрессивных по отношению к строительным материалам, колонии грибов на поверхности бетона могут выделять углекислый газ и способствовать его карбонизации. Среди подобных биоорганизмов наиболее опасными являются тионовые бактерии, которые выделяют серную кислоту.



Рисунок 1 – Биодеструкция штукатурного слоя и кирпичной кладки мхом и грибами

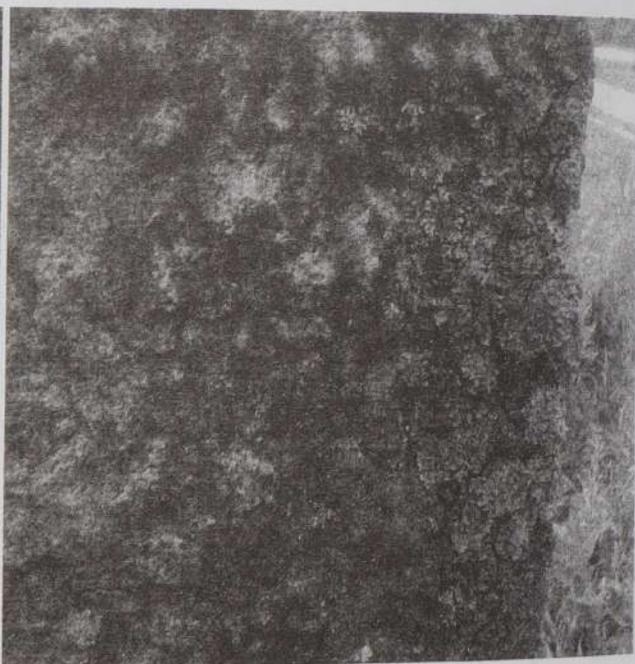


Рисунок 2 – Биодеструкция бетона лишайником

Процесс жизнедеятельности микроорганизмов в конструкциях ведет не только к снижению их долговечности, но и напрямую воздействует на человека, приводя к нарушению иммунитета, возникновению таких заболеваний как: микозы, туберкулез, ревматизмы, хронические неспецифические заболевания органов дыхания, воспалительные заболевания суставов.

Описанное выше свидетельствует о необходимости ведения биомониторинга за эксплуатируемыми зданиями для обеспечения эффективного противодействия биоповреждениям различных строительных конструкций в области строительства и эксплуатации гражданских, промышленных и сельскохозяйственных зданий и сооружений. Обеспечение требуемой долговечности конструкций,

подверженных биодеструкции, возможно только путем выполнения комплекса мероприятий: своевременного биомониторинга; восстановления поврежденных конструкций; защиты строительных конструкций от биологического воздействия окружающей среды; поддержания условий окружающей среды, препятствующей развитию биокоррозии и т. п.

УДК 624.072.21.7

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ БАЛОЧНОЙ ПЛИТЫ, РАСПОЛОЖЕННОЙ НА ФИЗИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНОМ СЛОИСТОМ ОСНОВАНИИ

О. В. КОЗУНОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Для инженерного расчета системы «упругая плита – основание» в предлагаемой работе используется модификация *вариационного метода*: в нелинейной постановке и с применением численного метода – метода конечных разностей (МКР). В дальнейшем эта модификация называется *вариационно-разностным подходом* (ВРП).

Неоднородное упругое основание моделируется совокупностью упругих слоев (УС) конечной толщины с переменным модулем деформации слоя E_k . Закон нелинейно-упругого деформирования основания описывается математически: функцией *гиперболический тангенс* и *степенной функцией* Бюльфингера. Модуль деформации упругого основания – *секущий* в сравнении с касательным. Коэффициент Пуассона в пределах каждого слоя постоянный. На контакте плиты с упругим основанием возникают только нормальные реактивные давления, силы трения малы. Для плиты справедливы гипотезы теории изгиба.

При расчете слоистая упругая среда заменяется прямоугольной расчетной областью. Основание аппроксимируется симметричной разбивочной сеткой с постоянным шагом по осям. *Граничные условия задачи*: на границах принятой расчетной области перемещения $u = 0, v = 0$; в контактной зоне справедливо равенство осадок основания прогибам плиты.

В силу нелинейности рассматриваемая задача решается методом упругих решений в форме переменных параметров упругости, через итерационный алгоритм. За *неизвестные* принимаются: $u(x), v(y)$ – компоненты вектора перемещения i -той узловой точки основания; $p_y^{(i)}(x, y)$ – реактивные давления в зоне контакта упругой плиты с основанием.

Алгоритм расчета в нелинейной постановке. Закон нелинейно-упругого деформирования основания $\sigma(\epsilon_i)$ для каждого слоя основания описывается математически в виде степенной функции Бюльфингера, в сравнении с ранее использованной функцией гиперболический тангенс,

$$\sigma_i^{(k)} = E_{0k}^m (\sigma_{i, \text{lim}}^{(k)})^{1-m} \epsilon_i^m, \quad (1)$$

где $\sigma_{i, \text{lim}}^{(k)}$, E_{0k} – предельное (критическое) напряжение, близкое к пределу упругости, и начальный модуль деформации k -того слоя основания; m – экспериментальный параметр, зависящий от упругих характеристик неоднородной среды.

При каждой итерации модуль деформации центра j -той сеточной ячейки изменяется, и при вычислениях используется переменный модуль деформации в сравнении:

а) касательный модуль деформации

$$E_j^{(n)} = \frac{d\sigma_i^{(k)}}{d\epsilon_i} = m E_{0k}^m (\sigma_{i, \text{lim}}^{(k)})^{1-m} \epsilon_{i(n-1)}^{m-1}, \quad (2)$$

б) секущий модуль деформации

$$E_j^{(n)} = \frac{\sigma_i^{(k)}}{\epsilon_i} = E_{0k}^m (\sigma_{i, \text{lim}}^{(k)})^{1-m} \epsilon_{i(n-1)}^{m-1}, \quad (3)$$

где n – номер последующей итерации, с учетом того, что в первом приближении $n = 1$.