

К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ

Середин В.В., Андрианов А.В.

Пермский государственный национальный исследовательский университет. 614990, Пермь, ул. Букирева, 15. E-mail: nedra@nedra.perm.ru

В практике достаточно часто встречаются случаи, когда проектные решения не обеспечивают устойчивость инженерных сооружений. Особенно это важно для нефтяной отрасли, где аварии на нефтепроводах и других объектах приводят к негативным последствиям как для природной среды, так и для человека. Опыт проектирования показывает, что одной из главных и широко распространенных причин деформаций и аварий сооружений является низкое качество, недостаточная достоверность и надежность исходной инженерно-геологической информации. Это обусловлено как организационно-нормативными причинами (отсутствие достаточного финансирования изысканий, низкое качество технических заданий и программ работ), так и методическими - наличие большого количества методик определения расчетных характеристик грунтов, приводящих к формированию различных моделей взаимодействия «сооружение – геологическая среда». В статье представлена разработанная методика определения прочностных характеристик материалов, основанная на выявленной взаимосвязи между величинами шероховатости поверхности разрушения R_z и максимальными (критическими) напряжениями, действующими в зоне разрушения.

Ключевые слова: величина шероховатости поверхности разрушения, напряжения, расчетные характеристики материалов, модели.

ON THE QUESTION ABOUT THE METHOD OF GETTING STRENGTH CHARACTERISTICS OF SUBSOILS

Seredin V.V., Andrianov A.V.

Perm State National Research University. 614990, Perm, Bukirev st., 15. E-mail: nedra@nedra.perm.ru

In practice, quite often there are cases when design solutions do not provide the stability of engineering structures. This is particularly important for the oil industry, where the pipeline accident and other objects lead to negative consequences for the environment and humans. Design experience shows that one of the main and common reasons for accidents and deformation structures is of poor quality, lack of validity and reliability of the original geotechnical information. This is due to organizational and regulatory reasons (lack of sufficient funding research , poor quality of technical tasks and work programs) and methodical - the large number of methods for determining the design characteristics of the soil , leading to the formation of different models of " construction - geological environment ." The paper presents the developed method of determining the strength characteristics of materials, based on the identified relationship between the values of the surface roughness R_z of destruction and maximum (critical) stresses acting in the fracture zone

Keywords: value of destruction surface roughness, tensions, strength characteristics of materials, models

В практике достаточно часто встречаются случаи, когда проектные решения не обеспечивают устойчивость инженерных сооружений. Особенно это важно для нефтяной отрасли, где аварии на нефтепроводах и других объектах приводят к негативным последствиям как для природной среды [4, 6], так и для человека [5].

Для повышения качества проектной продукции разрабатываются расчетные модели как конструкции сооружений, так и природной (геологической) среды, являющейся основанием или средой инженерных сооружений [7, 8, 10]. Расчетная модель имеет, как правило, две составляющие:

1. математическое, логическое или другое описание работы сооружения;
2. расчетные показатели инженерно-геологических условий, входящих в эту модель.

Опыт проектирования показывает, что одной из главных и широко распространенных причин деформаций и аварий сооружений является низкое качество, недостаточная достоверность и надежность исходной инженерно-геологической информации. Это обусловлено как организационно-нормативными причинами (отсутствие достаточного финансирования изысканий, низкое качество технических заданий и программ работ) [1, 3], так и методическими (наличие большого количества методик определения расчетных характеристик грунтов, приводящих к формированию различных моделей взаимодействия «сооружение – геологическая среда»).

Целью данной работы является разработка методики определения расчетных характеристик материала для повышения надежности инженерных сооружений.

В методическом плане работа строится следующим образом:

- выбирается и обосновывается критерий (R_z) оценки напряженного состояния грунтов (σ_n) как материала или среды сооружений;
- в лабораторных условиях строится полный паспорт прочности материала (по данным одноосного растяжения и сжатия, объемного напряженного состояния);
- рассчитывается уравнение связи или строится номограмма между напряженным состоянием материала (σ_n) и критерием R_z по данным, полученным в лабораторных условиях.
- в разрушенных элементах конструкций сооружений определяется значение показателя R_z .
- определяется напряженное состояние материала (σ_n) в разрушенных элементах конструкций сооружений по данным R_z с использованием номограммы или уравнения связи.
- определяются расчетные значения характеристик материала, например, сцепление и угол внутреннего трения по данным σ_n , с использованием паспорта прочности грунтов.

Алгоритм проведения исследований

1. Выбор и обоснование критерия оценки напряженного состояния материала

Логика выбора критерия оценки напряженного состояния материала основывается на положении о том, что этот критерий должен учитывать работу материала элемента конструкции сооружения в условиях совместного воздействия на него (элемент конструкции) сжимающих, растягивающих, скручивающих и других напряжений. Экспериментально установлено, что R_z и S_z принимают строго определенные численные значения для каждого напряженного состояния материала. Поэтому в качестве таких критериев исследователи [8] предлагают использовать R_z и S_z . Под R_z они понимают величину шероховатости поверхности разрушения материала в зоне «магистральной» трещины разрушения. Под S_z – стандартное (среднеквадратичное) отклонение R_z .

2. Построение паспорта прочности материала (по данным одноосного растяжения, сжатия и объемного напряженного состояния)

Одной из основных характеристик грунтов является прочность. Комплексными показателями прочности являются сцепление (C) и угол внутреннего трения (φ) пород. Сцепление и угол внутреннего трения участвуют во многих расчетных моделях, поэтому на примере этих критериев прочности рассмотрим методику получения расчетных характеристик.

Взаимосвязь между видом напряженного состояния материалов (σ_n) и показателями прочности можно представить графически в виде паспорта прочности. Методика построения паспортов прочности приведена в работах Ставрогина А.Н., Тарасова Б.Г., Турчанинова И.А., Иофиса М.А., Каспарьян Э.В.

На рис. 1 приведен паспорт прочности каменной соли. Из рис. 1 видно, что напряженное состояние материала можно оценить через показатель σ_n , под которым понимается значение максимальных нормальных напряжений, действующих в зоне разрушения материалов, на площадке максимальных касательных напряжений (рис. 2). Поэтому этот показатель можно снять с паспорта прочности.

Кроме того, σ_n можно определить по формуле (1):

$$\sigma_n = \sigma_1 \cos^2 \alpha + \sigma_3 \sin^2 \alpha, \quad (1)$$

где σ_n – напряжение в зоне «магистральной» трещины разрушения; σ_1 и σ_3 – главные нормальные напряжения, МПа; α – угол наклона площадки (зоны разрушения) с максимальными касательными напряжениями:

$$\alpha = 45 - \varphi/2, \quad (2)$$

где φ – угол внутреннего трения пород, град.

Следует отметить, что с увеличением σ_n (рис. 1) численные значения сцепления и угла внутреннего трения изменяются, угол внутреннего трения уменьшается, а сцепление, наоборот, увеличивается. Это говорит о том, что важно знать, в каких условиях работает материал, то есть при каких значениях σ_n происходит его разрушение и какие расчетные характеристики следует снимать с паспорта прочности.

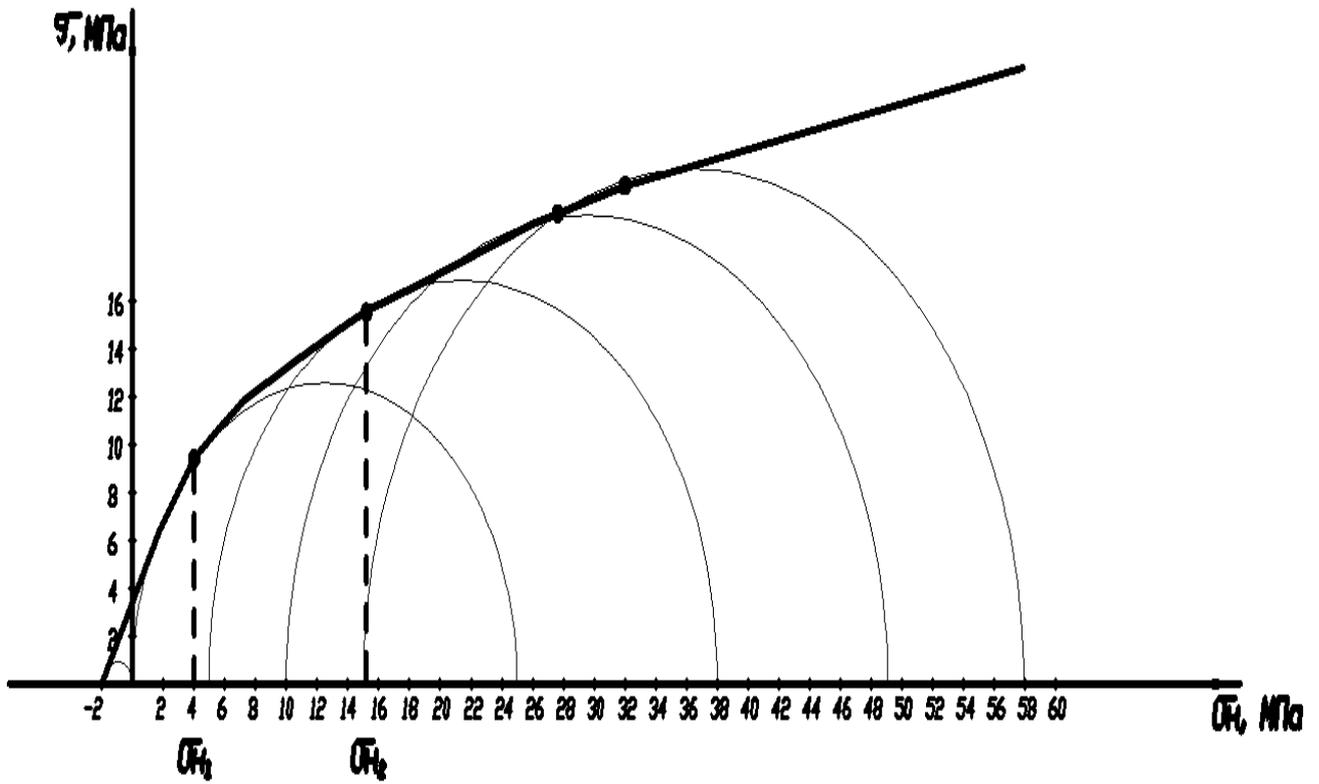


Рис. 1. Паспорт прочности каменной соли

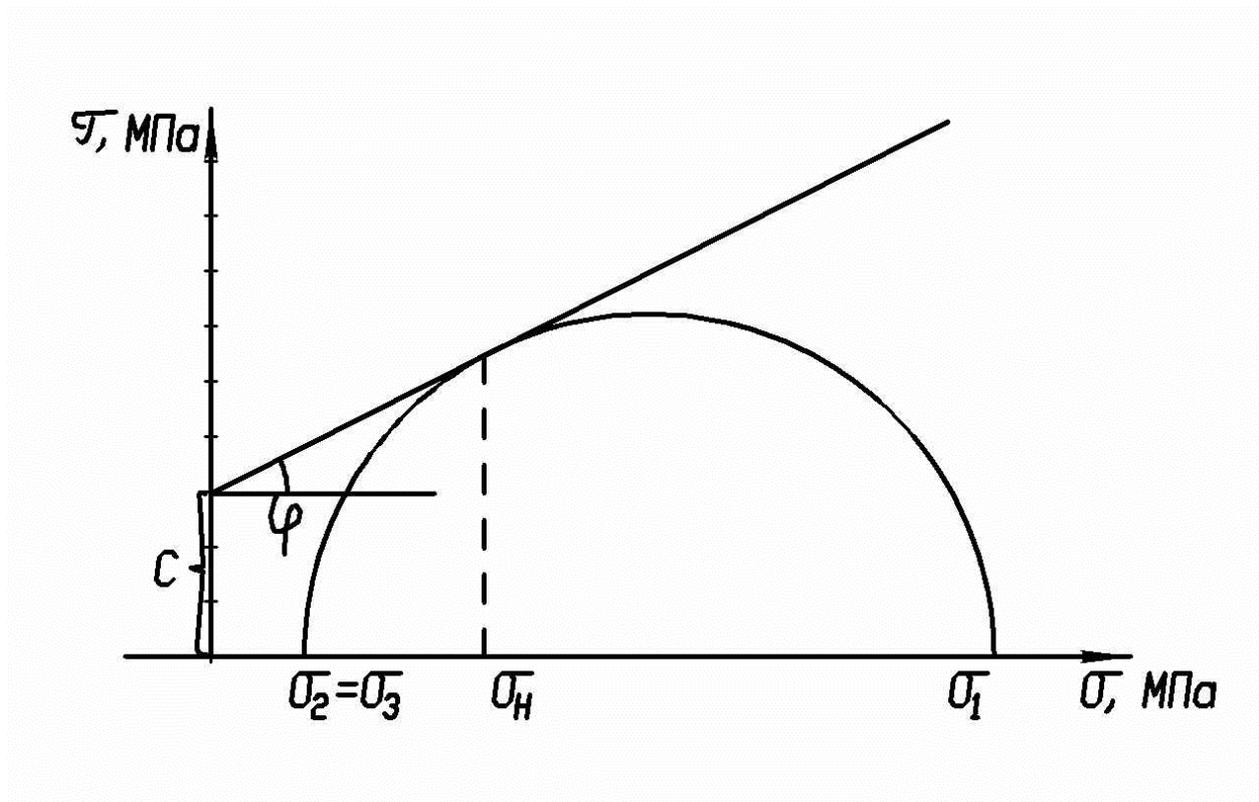


Рис. 2. Графическая интерпретация σ_n максимальных нормальных напряжений, действующих в зоне разрушения материалов: φ – угол внутреннего трения пород, град; c – сцепление.

3. Построение номограммы зависимости между напряженным состоянием материала (σ_n) и критерием R_z по данным лабораторных испытаний

Исследования проводились следующим образом:

– из пенобетона и каменной соли изготавливались образцы по методике, изложенной в ГОСТ 21153.0-75. Образцы гипса изготавливались из гипсовой пасты путем формовки с последующей сушкой;

– образцы материалов испытывались на одноосное (σ_r) растяжение, (σ_c) сжатие и в условиях объемного напряженного состояния. Каменная соль исследовалась при боковых давлениях $\sigma_2 = \sigma_3 = 5-20$ МПа в стабилометре БУ-28 конструкции ВНИМИ. Гипс и пенобетон исследовались при боковых давлениях $\sigma_2 = \sigma_3 = 0,2-0,6$ МПа в стабилометре конструкции «Геотек».

– морфология поверхности разрушения материала в зоне «магистральной» трещины разрыва при заданных σ_n оценивалась через показатель R_z и S_z . Измерение шероховатости (R_z) производилось индикатором часового типа с ценой деления 0,01 мм.

На основе экспериментальных данных построена номограмма взаимосвязи между напряженным состоянием материала (σ_n) и величинами шероховатости поверхности разрушения R_z (рис. 3). Так, для гипсов, каменной соли и пенобетона значение величин шероховатости поверхностей трещины разрушения R_z является максимальным при одноосном растяжении, а в условиях сжатия материалов значения R_z уменьшаются (рис. 3).

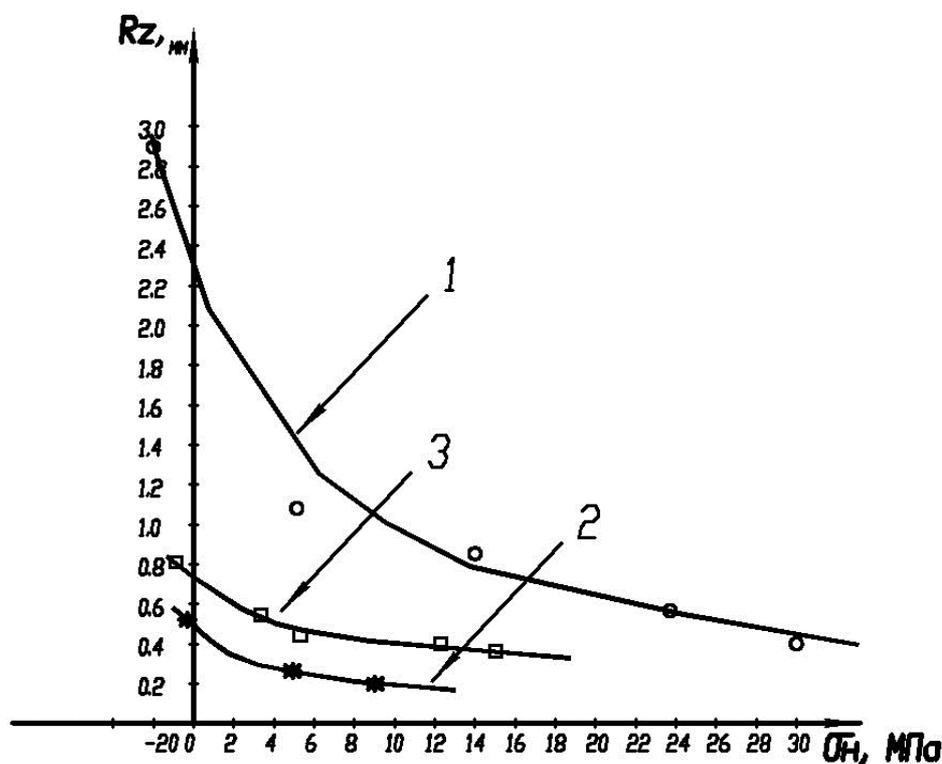


Рис. 3. Номограмма взаимосвязи между напряженным состоянием материала (σ_n)

и величинами шероховатости поверхности разрушения (R_z):

1 – каменная соль; 2 – гипс; 3 – пенобетон

4. Определение значения показателей R_z материала разрушенных элементов конструкций сооружения

Для того чтобы определить, в каком напряженном состоянии работает материал, первоначально отбирают образец с трещиной из зоны магистрального разрушения элемента конструкции сооружения и на поверхности трещины определяют значения показателя R_z . Допустим, оно составляет: $R_z = 1,6$ мм.

5. Определение расчетных значений характеристик материала

По величине R_z , используя полученную номограмму (рис. 3), определяют критические напряжения σ_n , при которых произошло разрушение материала, например, при $R_z = 1,6$ мм $\sigma_n = 4$ МПа.

Затем по σ_n , используя номограмму (рис. 1), определяют расчетные значения прочностных характеристик каменной соли. Например, при $\sigma_n = 4$ МПа сцепление составляет $c = 4$ МПа, а угол внутреннего трения $\varphi = 44^\circ$.

Вывод

Вышеизложенная методика, основанная на выявленной взаимосвязи между величинами шероховатости поверхности разрушения R_z и максимальными (критическими) напряжениями σ_n , действующими в зоне разрушения, позволяет получить достоверные расчетные характеристики материалов и обеспечивает повышение надежности инженерных сооружений.

Список литературы

1. Богданов М.И., Черняк Э.К. Экономика изысканий // Инженерные изыскания. – 2009. - № 1. – С. 20–23.
2. Галкин В.И., Середин В.В., Лейбович Л.О., Копылов И.С., Пушкарева М.В., Чиркова А.А. Оценка эффективности технологий очистки нефтезагрязненных грунтов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2012. - № 6. – С. 4–7.
3. Драновский А.Н., Галеев Р.К. Качество инженерно-геологических изысканий – основа надежности зданий и сооружений // Известия КГАСУ. – 2005. - № 2 (4). – С. 42–44.
4. Лейбович Л.О., Середин В.В., Пушкарева М.В., Чиркова А.А., Копылов И.С. Экологическая оценка территорий месторождений углеводородного сырья для определения возмож-

ности размещения объектов нефтедобычи. // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2012. - № 12. – С. 13–16.

5. Пушкарева М.В., Май И.В., Середин В.В., Лейбович Л.О., Чиркова А.А., Вековшина С.А. Экологическая оценка среды обитания и состояния здоровья населения на территориях нефтедобычи Пермского края // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2013. - № 2. – С. 40–45.

6. Пушкарева М.В., Середин В.В., Лейбович Л.О., Чиркова А.А., Бахарев А.О. Инженерно-экологическая оценка территории запасов подземных вод в связи с разработкой нефтяных месторождений // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2013. - № 2. – С. 9–13.

7. Середин В.В., Галкин В.И., Пушкарева М.В., Лейбович Л.О., Сметанин С.Н. Вероятностно-статистическая оценка инженерно-геологических условий для специального районирования // Инженерная геология. – 2011. - № 4. – С. 42–47.

8. Середин В.В., Галкин В.И., Растегаев А.В., Лейбович Л.О., Пушкарева М.В. Прогнозирование карстовой опасности при инженерно-геологическом районировании территорий // Инженерная геология. – 2012. - № 2. – С. 40–45.

9. Середин В.В., Лейбович Л.О., Пушкарева М.В., Копылов И.С., Хрулев А.С. К вопросу о формировании морфологии поверхности трещины разрушения горных пород // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2013. - № 3. – С. 85–90.

10. Середин В.В., Пушкарева М.В., Лейбович Л.О., Бахарева Н.С. Методика инженерно-геологического районирования на основе балльной оценки классификационного признака. Инженерная геология. – 2011. - № 3. – С. 20–25.

Рецензенты:

Ибламинов Р.Г., д.г.-м.н., заведующий кафедрой минералогии и петрографии Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь.

Наумова О.Б., д.г.-м.н., зав. кафедрой поисков и разведки полезных ископаемых Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь.