

УДК 622.831.3

Гапеев С.Н., к.т.н., доц., Горлова К.А., студ. гр. ГБм-07-1, Государственный ВУЗ «НГУ», г. Днепрпетровск, Украина

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ АВТОДОРОЖНОГО ТУННЕЛЯ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SOFISTIK

В настоящее время крупные города Украины проходят новый этап развития транспортной системы. Интенсивный рост урбанизации, жилищно-коммунального строительства, а также увеличение количества автомобилей на дорогах Украины обуславливают необходимость быстрого развития дорожно-транспортной инфраструктуры, возведение новых транспортных сооружений, в том числе и автотранспортных туннелей. Так как строительство часто ведется в условиях плотного взаимодействия с грунтами, а так же влияния уже существующих зданий и сооружений, строительство туннеля представляет собой сложную инженерную задачу, которая требует детального исследования всех влияющих факторов. Применение мощных программных комплексов (ПК) для анализа НДС в туннелестроении - залог успешного решения таких задач. Одной из таких программ является ПК Sofistik (<http://www.sofistik.com/>), который успешно применяется в развитых европейских странах, и в Германии в частности.

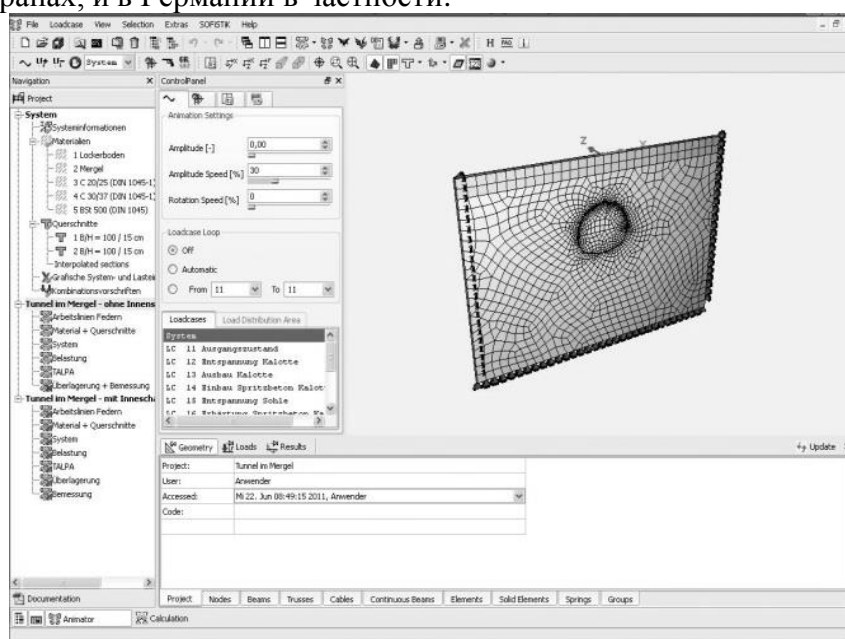


Рисунок 1 – Схема туннеля в ПК Sofistik

ПК Sofistik – интегрированный программный комплекс конечно-элементного анализа строительных конструкций, зданий, мостов, туннелей и решения геотехнических задач. Препроцессор программы позволяет пользователю ввод исходных данных в комплексе SofistikStructuralDesktop (SSD) (рис. 1), а также в редакторе SofistikTEDDY.

SSD предоставляет пользователям удобный способ работы, предлагая различные процедуры или определенные задачи из библиотеки в одном диалоговом окне. Ввод графических данных возможен путем моделирования специальными препроцессорами SOFiPLUS и WinTUBE в среде AutoCAD, который используется как мощный инструмент для задания системы, нагрузки и генерации сетки конечных элементов, так же и для управления стадиями проектирования, чтения моделей конструкций из AutoCAD и AutodeskRevitStructure или через табличный редактор.

Процессоры программы позволяют сформировать 2D и 3D модели, произвести нелинейный анализ, комбинирование элементов (стержень, плита, объемные элементы и др.), а также выполнить динамический анализ и анализ инфильтрации (SofistikHYDRA). Анализ конструкции на каждой стадии возведения возможен в приложении SofistikTALPA. Постпроцессоры программы выполняют проектирование армирования железобетонных оболочек и балок, автоматическую суперпозицию результатов и графический и численный вывод результатов с помощью SofistikWinGraf и SofistikURSULA.

Важной особенностью этого комплекса является возможность рассчитывать совместные пространственные системы «сооружение-основание», в том числе, с физически нелинейными свойствами, и включает в себя модули для решения статических, динамических, фильтрационных и теплофизических задач. В комплексе SOFiSTiK есть инструменты, позволяющие удобно моделировать процесс последовательного возведения сооружений, что удобно при проектировании туннелей, так как появляется возможность проанализировать НДС и влияние работ по возведению обделки туннеля на каждом этапе строительства.

Принцип работы в программном комплексе Sofistik рассмотрим на примере анализа НДС автодорожного туннеля, геометрические параметры которого изображены на рис. 2.

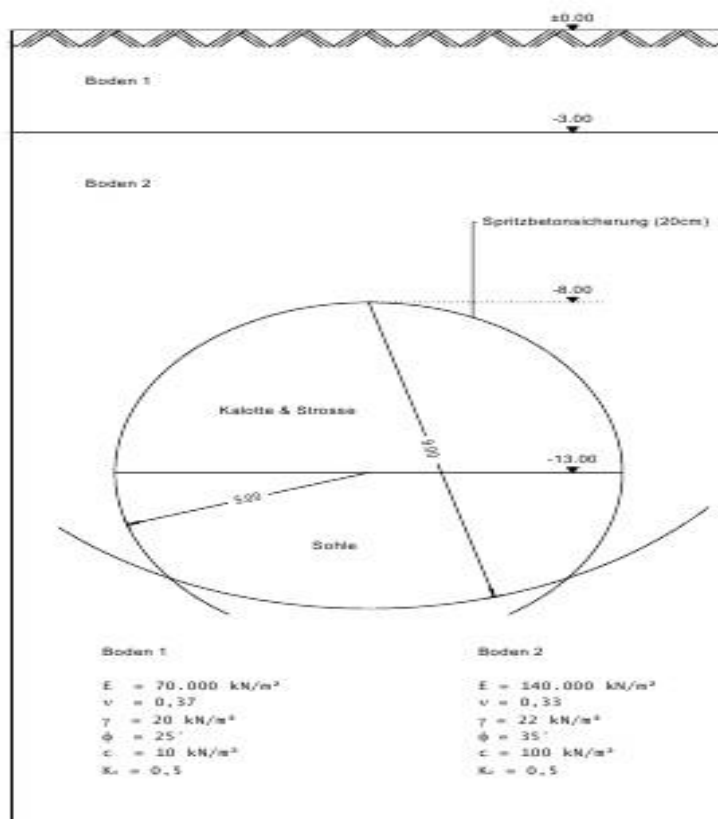


Рисунок 2 – Геометрия туннеля

Расчетная схема нагружена вертикальной распределенной нагрузкой 10 кН, приложенной сверху, а по остальным граням схема жестко закреплена по всем направлениям.

Рассматриваются следующие стадии строительства туннеля: 1) разработка кровельной части туннеля; 2) возведение обделки в разработанной части; 3) разработка оставшейся части туннеля; 4) возведение обделки по всему периметру туннеля. Ввод данных произведен в приложении TEDDY, на языке программы CADINP. Корректирование свойств материала и формы поперечного сечения можно также произвести в SSD.

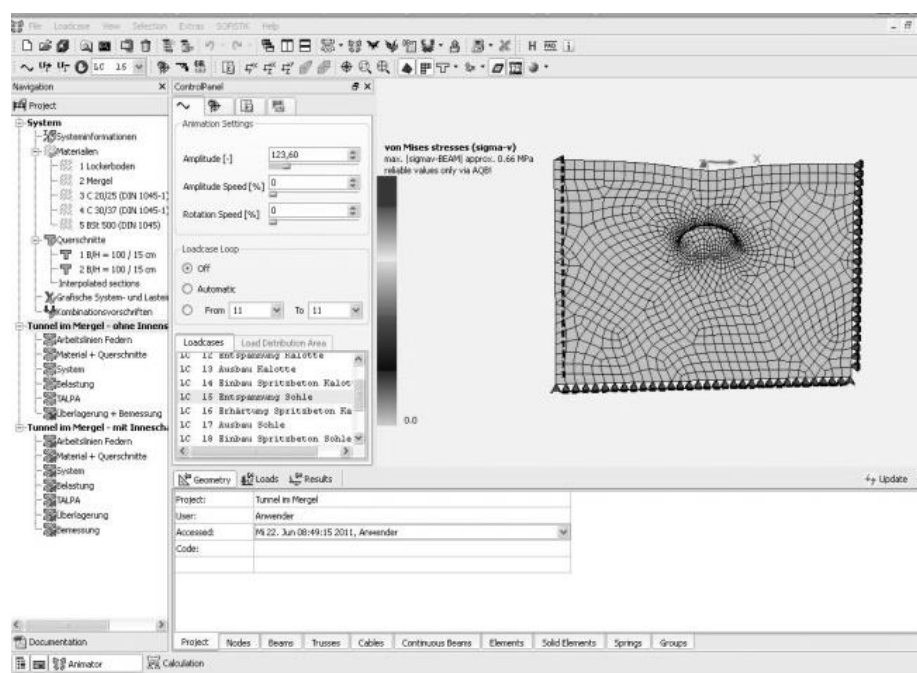


Рисунок 3 – Первая стадия строительства

На рис 3. Изображены напряжения на контуре туннеля на первой стадии его строительства – разработке кровельной части туннеля.

Как видно из рисунка, на контур туннеля действует нагрузка, равная 0.66 МПа, которая оказывает значительное влияние на устойчивость выработанного пространства. При возведении торкрет-бетонной обделки напряжение на контуре туннеля уменьшается почти вдвое (рис. 4) и составляет 0,39 МПа. Это говорит о положительном влиянии конструкций крепления. Такой анализ позволяет уже на начальных стадиях строительства подобрать правильный вид крепления, выбрать технологию и проанализировать устойчивость конструкции.

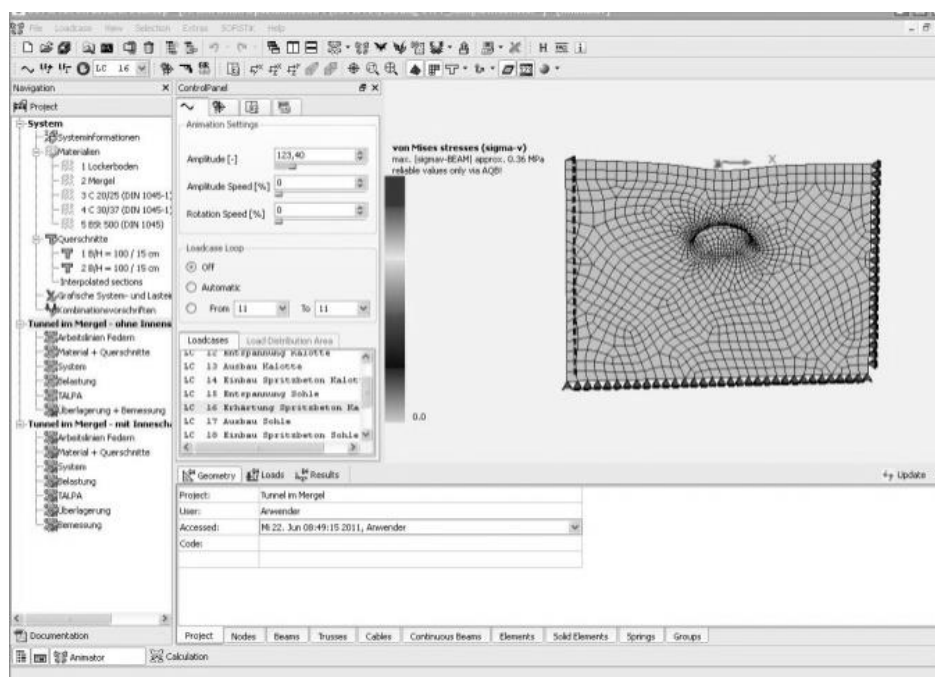


Рисунок 4 – Вторая стадия строительства

На последующих этапах строительства нагрузка на контур туннеля возрастает, и соответственно, требуется детальный анализ его устойчивости с обделкой и без нее. На рис. 5 изображена нагрузка на контур туннеля после полной его разработки.

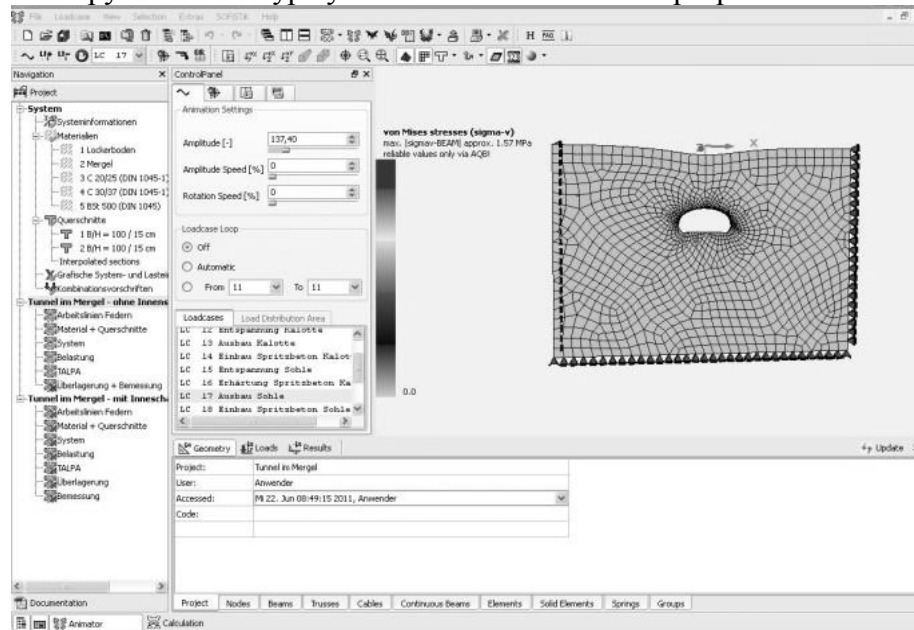


Рисунок 5 – Третья стадия строительства

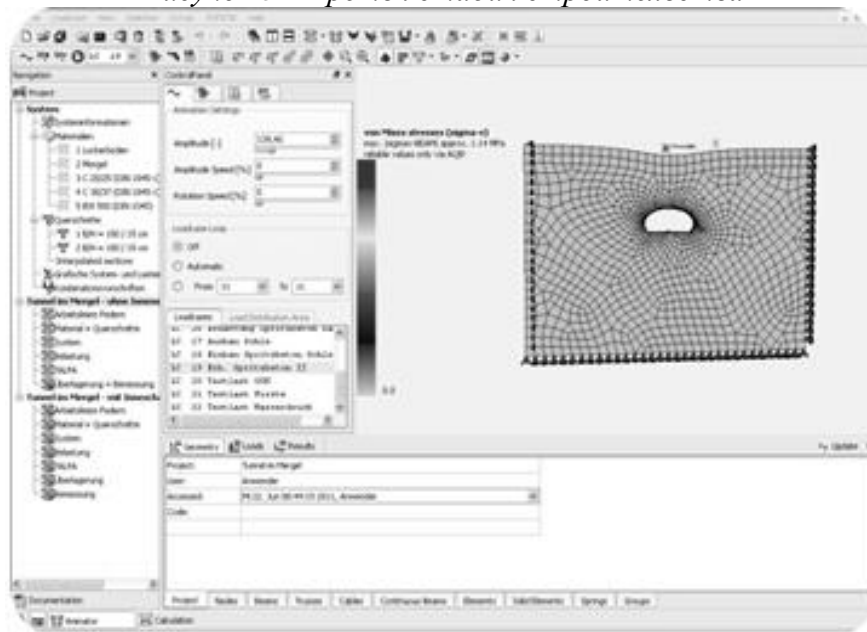


Рисунок 6 – Возведение обделки туннеля

На рис. 6 изображена картина распределения напряжения на контуре туннеля после возведения его торкрет-бетонной обделки(после набора обделкой полной прочности).

При работе с одним из приложений ПК Sofistik, а именно TEDDY - каждая стадия анализа вводится отдельно, с вводом процентного соотношения влияния нагрузки. Таким образом, - на любом этапе исследования можно редактировать или изменять параметры ввода данных, а также прогнозировать более точную картину ведения работ.

После проведения анализа нагрузки на туннель на каждой стадии строительства, был проведен анализ всей конструкции, анализ влияния нагрузки на обделку туннеля и влияние грунтовых вод на сооружение (рис. 7, 8 и 9).

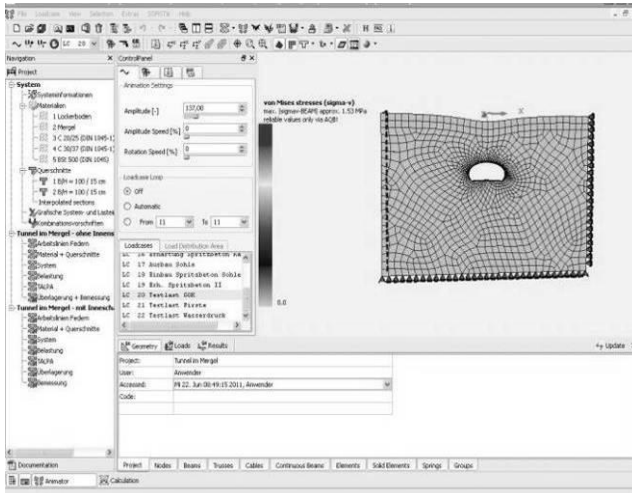


Рисунок 7 – Итоговый анализ конструкции

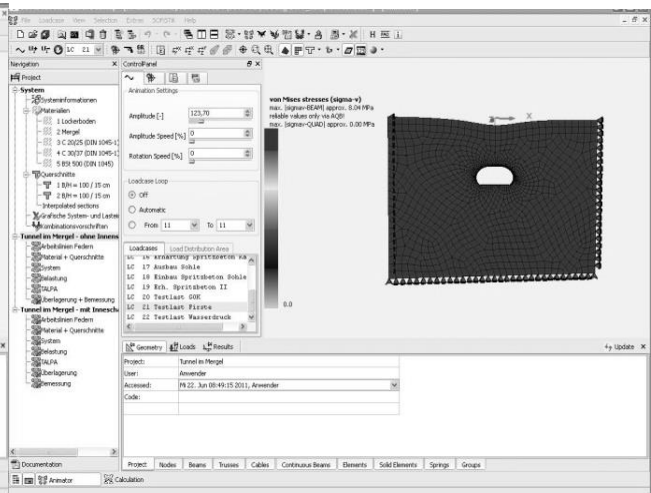


Рисунок 8 – Нагрузка на обделку туннеля

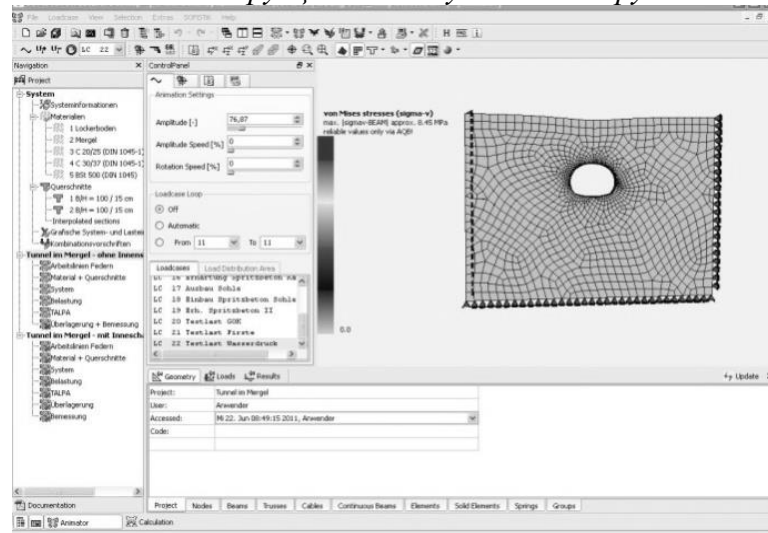


Рисунок 9 – Влияние грунтовых вод

После проведения всех необходимых расчетов в ПК Sofistik можно сформировать полный результативный отчет исследования, сгруппировать итоговые графики и схемы, а также численные результаты нагрузок, перемещений и деформаций, полученных в приложении URSULA. Все отчеты формируются в документе формата PDFи содержат полную информацию о рассчитываемой конструкции, материалах и приложенных внешних нагрузках.

Анализ НДС рассмотренного туннеля показывает, что значительное влияние на его устойчивость оказывают не только внешние нагрузки, но и грунтовые воды, уровень которых гораздо ниже места проведения туннеля. Это говорит о необходимости проведения дополнительных гидроизоляционных работ.

Таким образом, ПК Sofistik действительно является мощным аппаратом для решения сложных инженерных задач. Такие приложения Sofistik как WinTUBE, TEDDY, HYDRAи другие, помогают детально задать исходные данные для расчета, учесть физически нелинейные свойства материалов. Также программа Sofistik имеет большую базу данных, моделей материалов и грунтов, помимо того есть возможность задавать свои модели материалов.

ПК Sofistik имеет все возможности, которые необходимы инженеру для выполнения расчета и анализа строительных конструкций, что позволяет выполнять эти расчеты с достаточной точностью, быстро и качественно.