

Панченко Е.В., к.т.н., доцент, Сирченко А.А., аспирант,  
Рыбачева И.А., студентка гр. ГМ-08-1м

(Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепрпетровск, Украина)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НАПРАВЛЯЮЩИХ БАЛОК ОДНОРЫЧАЖНОГО ТОННЕЛЬНОГО УКЛАДЧИКА УТК-2

Для возведения сборной тоннельной обделки метрополитенов применяется укладчик УТК-2, а для проходки тоннелей с тубинговой и блочной обделкой в грунтах, разрабатываемых взрывным способом, применяют рычажные укладчики.

Научная задача – определение напряженно деформированного состояния направляющих балок тоннельного укладчика УТК-2. Техническая проблема – повышенная металлоемкость укладчика (при собственной массе 25 т осуществляет подъем груза массой до 1 т.).

Это связано с большим запасом прочности конструкции укладчика, что обусловлено сложностью определения расчетных нагрузок для укладчика в целом. В данном исследовании моделируется напряженно – деформированное состояние направляющих балок укладчика, которые предназначены для фиксации железобетонных блоков (рис.1). Реакции, действующие на балки, которые возникают при последовательной укладке блоков, зависят от их расположения по своду тоннельного кольца. От их значений зависят размеры и конструкция механизмов фиксации железобетонных блоков. Определение расчетных нагрузок это сложная научная задача, связанная с необходимостью учета взаимодействия балок с железобетонными блоками и поверхностью выработки (по технологии ведения работ между блоками и выработкой устанавливаются деревянные брусья).

Цель работы – определить расчетные нагрузки и разработать рекомендации по выбору параметров направляющих балок.

Идея работы – использование современных методов моделирования для решения задачи определения напряженно-деформированного состояния направляющих балок тоннельного укладчика УТК-2.

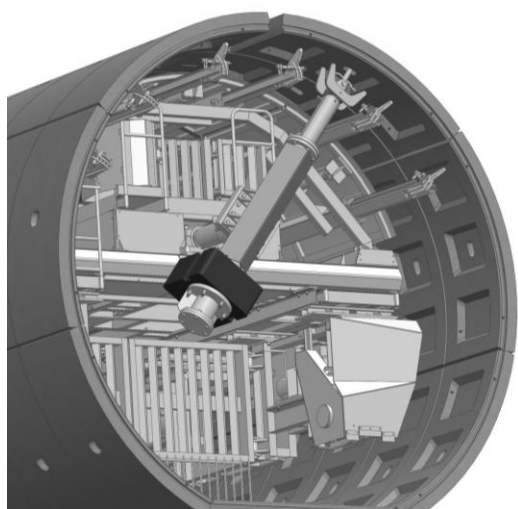


Рисунок 1 – Концепт проект тубинго-укладчика

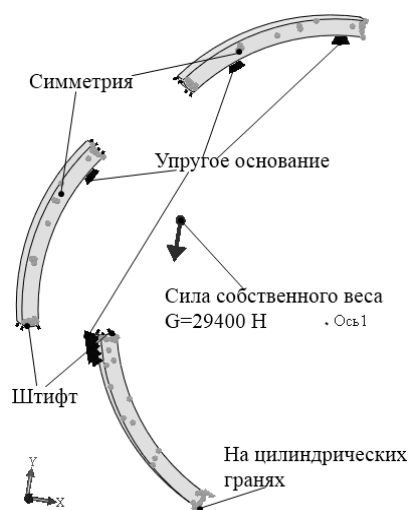


Рисунок 2 – Граничные условия тоннельного кольца

Для расчета направляющих балок однорычажного укладчика необходимо определить максимальное усилие, которое возникает в процессе укладки тоннельной обделки.

Для этого была создана упрощенная расчетная модель сборки тоннельного кольца (рис.2), состоящая из 3-х блоков (половина кольца, так как процесс укладки железобетонных блоков происходит симметрично). На рис. 2 также показаны принятые граничные условия. Для исследования было учтено действие силы тяжести. Влияние деревянных брусьев имитируется условием «упругое основание» с рассчитанной жесткостью. Результатом этого исследования являются найденные радиальные усилия, действующие на опорные балки от железобетонных блоков, а также результирующие перемещения блоков, учитывая жесткость опорных балок. Зависимость радиальных контактных усилий от расположения опор показана на рис. 3.

Используем полученные результаты для определения расчетных нагрузок в опорах опорной балки, возникающих от фиксации железобетонных блоков. Для этого была создана компьютерная модель направляющей балки для которой были заданы граничные условия: в местах крепления направляющей к арке и в месте соединения гидроцилиндра с опорной (внутренней) балкой условие симметрии; на свободный край опорной балки, где происходит действие блока, задана сила  $F = 4080 \text{ Н}$ ; учтено действие силы собственного веса.

Вследствие конечно-элементного анализа получены усилия, возникающие в местах контакта роликов с опорной балкой для самого нагруженного случая (рис. 4). Анализ напряженно-деформированного состояния показал, что коэффициент запаса прочности по Мизесу равен 3.

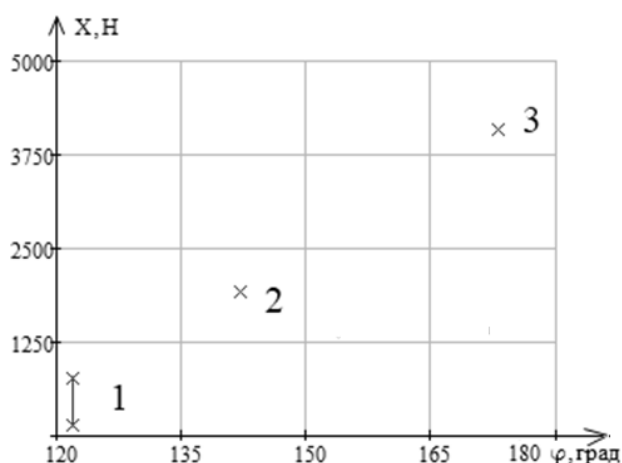


Рисунок 3 – Зависимость радиальных контактных усилий от расположения опор

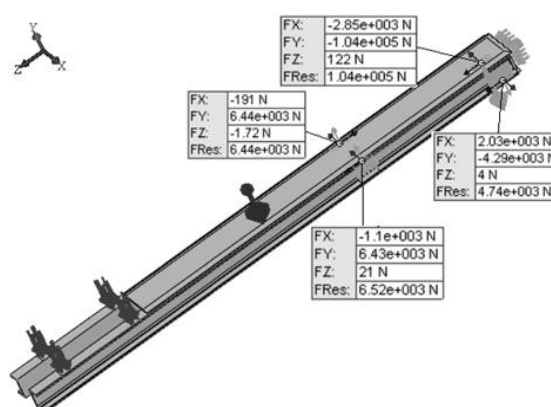


Рисунок 4 – Усилия, возникающие в местах контакта роликов с опорной балкой

### Выводы:

1. При моделировании напряженно-деформированного состояния направляющих балок для учета контактных усилий взаимодействия направляющих балок с тоннельной обделкой необходимо использовать граничное условие «упругое основание», обладающее жесткостью  $87700 \text{ (Н/м)/м}^2$ .

2. Первая и вторая направляющие балки воспринимают нагрузки равные  $4,08 \cdot 10^3 \text{ Н}$  и  $1,93 \cdot 10^3 \text{ Н}$ , а третья –  $758 \text{ Н}$ , что позволяет разработать для нее облегченную конструкцию.

3. Из анализа работы направляющей балки следует, что запас прочности по Мизесу равен 3.

4. Вследствие того, что направляющие балки воспринимают отличающуюся между собой нагрузку параметры конструкции, могут быть выбраны из пропорции  $W1:W2:W3=4:2:1$ . Здесь  $W$  – момент сопротивления балки прямоугольного сечения.