

ISSN 1991-3494

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Ш Ы С Ы

ВЕСТНИК

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

THE BULLETIN

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С 1944 ГОДА
PUBLISHED SINCE 1944

3

АЛМАТЫ
АЛМАТЫ
ALMATY

2016

МАМЫР
МАЙ
MAY

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі

М. Ж. Жұрынов

Р е д а к ц и я а л қ а с ы :

биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Айтхожина Н.А.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байпақов К.М.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байтулин И.О.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Берсімбаев Р.И.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Газалиев А.М.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Дүйсенбеков З.Д.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Елешев Р.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; фил. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Нысанбаев А.Н.**; экон. ғ. докторы, проф., ҰҒА академигі **Сатубалдин С.С.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбжанов Х.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішева З.С.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Абсадықов Б.Н.** (бас редактордың орынбасары); а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Баймұқанов Д.А.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Байтанаев Б.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Давлетов А.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; геогр. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Медеу А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мырхалықов Ж.У.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Огарь Н.П.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Таткеева Г.Г.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Үмбетаев И.**

Р е д а к ц и я к е ñ е с і :

Ресей ҒА академигі **Велихов Е.П.** (Ресей); Әзірбайжан ҰҒА академигі **Гашимзаде Ф.** (Әзірбайжан); Украинаның ҰҒА академигі **Гончарук В.В.** (Украина); Армения Республикасының ҰҒА академигі **Джрбашян Р.Т.** (Армения); Ресей ҒА академигі **Лаверов Н.П.** (Ресей); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Москаленко С.** (Молдова); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Рудик В.** (Молдова); Армения Республикасының ҰҒА академигі **Сагян А.С.** (Армения); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Тодераш И.** (Молдова); Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі **Якубова М.М.** (Тәжікстан); Молдова Республикасының ҰҒА корр. мүшесі **Лупашку Ф.** (Молдова); техн. ғ. докторы, профессор **Абиев Р.Ш.** (Ресей); техн. ғ. докторы, профессор **Аврамов К.В.** (Украина); мед. ғ. докторы, профессор **Юрген Аппель** (Германия); мед. ғ. докторы, профессор **Иозеф Банас** (Польша); техн. ғ. докторы, профессор **Гарабаджиу** (Ресей); доктор PhD, профессор **Ивахненко О.П.** (Ұлыбритания); хим. ғ. докторы, профессор **Изабелла Новак** (Польша); хим. ғ. докторы, профессор **Полещук О.Х.** (Ресей); хим. ғ. докторы, профессор **Поняев А.И.** (Ресей); профессор **Мохд Хасан Селамат** (Малайзия); техн. ғ. докторы, профессор **Хрипунов Г.С.** (Украина)

Главный редактор

академик НАН РК

М. Ж. Журинов

Редакционная коллегия:

доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Н.А. Айтхожина**; доктор ист. наук, проф., академик НАН РК **К.М. Байпаков**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **И.О. Байтулин**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Р.И. Берсимбаев**; доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **А.М. Газалиев**; доктор с.-х. наук, проф., академик НАН РК **З.Д. Дюсенбеков**; доктор сельскохозяйств. наук, проф., академик НАН РК **Р.Е. Елешев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор фил. наук, проф., академик НАН РК **А.Н. Нысанбаев**; доктор экон. наук, проф., академик НАН РК **С.С. Сатубалдин**; доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Х.М. Абжанов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **З.С. Абишева**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.Н. Абсадыков** (заместитель главного редактора); доктор с.-х. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Д.А. Баймуканов**; доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.А. Байтанаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А.Е. Давлетов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор геогр. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А. Медеу**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.У. Мырхалыков**; доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.П. Огарь**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Г.Г. Таткеева**; доктор сельскохозяйств. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **И. Умбетаев**

Редакционный совет:

академик РАН **Е.П. Велихов** (Россия); академик НАН Азербайджанской Республики **Ф. Гашимзаде** (Азербайджан); академик НАН Украины **В.В. Гончарук** (Украина); академик НАН Республики Армения **Р.Т. Джрбашян** (Армения); академик РАН **Н.П. Лаверов** (Россия); академик НАН Республики Молдова **С. Москаленко** (Молдова); академик НАН Республики Молдова **В. Рудик** (Молдова); академик НАН Республики Армения **А.С. Сагиян** (Армения); академик НАН Республики Молдова **И. Тодераш** (Молдова); академик НАН Республики Таджикистан **М.М. Якубова** (Таджикистан); член-корреспондент НАН Республики Молдова **Ф. Лупашку** (Молдова); д.т.н., профессор **Р.Ш. Абиев** (Россия); д.т.н., профессор **К.В. Аврамов** (Украина); д.м.н., профессор **Юрген Аппель** (Германия); д.м.н., профессор **Иозеф Банас** (Польша); д.т.н., профессор **А.В. Гарабаджиу** (Россия); доктор PhD, профессор **О.П. Ивахненко** (Великобритания); д.х.н., профессор **Изабелла Новак** (Польша); д.х.н., профессор **О.Х. Полещук** (Россия); д.х.н., профессор **А.И. Поняев** (Россия); профессор **Моход Хасан Селамат** (Малайзия); д.т.н., профессор **Г.С. Хрипунов** (Украина)

«Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан». ISSN 1991-3494

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5551-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел. 272-13-19, 272-13-18.

www: nauka-nanrk.kz, bulletin-science.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

Editor in chief

M. Zh. Zhurinov,
academician of NAS RK

Editorial board:

N.A. Aitkhozhina, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **K.M. Baipakov**, dr. hist. sc., prof., academician of NAS RK; **I.O. Baitulin**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **R.I. Bersimbayev**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **A.M. Gazaliyev**, dr. chem. sc., prof., academician of NAS RK; **Z.D. Dyusenbekov**, dr. agr. sc., prof., academician of NAS RK; **R.Ye. Yeleshev**, dr. agr. sc., prof., academician of NAS RK; **T.Sh. Kalmenov**, dr. phys. math. sc., prof., academician of NAS RK; **A.N. Nysanbayev**, dr. phil. sc., prof., academician of NAS RK; **S.S. Satubaldin**, dr. econ. sc., prof., academician of NAS RK; **Kh.M. Abzhanov**, dr. hist. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Z.S. Abisheva**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **B.N. Absadykov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **D.A. Baimukanov**, dr. agr. sc., prof., corr. member of NAS RK; **B.A. Baytanayev**, dr. hist. sc., prof., corr. member of NAS RK; **A.Ye. Davletov**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **A. Medeu**, dr. geogr. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.U. Myrkhalykov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **N.P. Ogar**, dr. biol. sc., prof., corr. member of NAS RK; **G.G. Tatkeeva**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **I. Umbetayev**, dr. agr. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

E.P. Velikhov, RAS academician (Russia); **F. Gashimzade**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **V.V. Goncharuk**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **R.T. Dzhrbashian**, NAS Armenia academician (Armenia); **N.P. Laverov**, RAS academician (Russia); **S.Moskalenko**, NAS Moldova academician (Moldova); **V. Rudic**, NAS Moldova academician (Moldova); **A.S. Sagiyan**, NAS Armenia academician (Armenia); **I. Toderas**, NAS Moldova academician (Moldova); **M. Yakubova**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **F. Lupaşcu**, NAS Moldova corr. member (Moldova); **R.Sh. Abiyev**, dr.eng.sc., prof. (Russia); **K.V. Avramov**, dr.eng.sc., prof. (Ukraine); **Jürgen Appel**, dr.med.sc., prof. (Germany); **Joseph Banas**, dr.med.sc., prof. (Poland); **A.V. Garabadzhiu**, dr.eng.sc., prof. (Russia); **O.P. Ivakhnenko**, PhD, prof. (UK); **Isabella Nowak**, dr.chem.sc., prof. (Poland); **O.Kh. Poleshchuk**, chem.sc., prof. (Russia); **A.I. Ponyaev**, dr.chem.sc., prof. (Russia); **Mohd Hassan Selamat**, prof. (Malaysia); **G.S. Khripunov**, dr.eng.sc., prof. (Ukraine)

Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

ISSN 1991-3494

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5551-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://nauka-nanrk.kz/>, <http://bulletin-science.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

EXPERIMENTAL STRESS-STRAIN STATE OF THE LINING TYPICAL AREAS STATION

N. M. Mahmetova, V. G. Solonenko, C. B. Shayahmetov

Kazakh Academy of Transport and Communications named by M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: v.solonenko@mail.ru

Keywords: Stress-strain state, lining, stress, displacement, geomechanical models.

Abstract. The position of the work is an experimental study aimed at studying the VAT lining typical plot station. In the course of the experiment on the modeling of static work "Zhibek Zholy" station complex method of equivalent materials, it was found that the greatest deformation occur at switching stage in the work of the temporary lining. The construction of permanent lining position of the entire station structure stabilizes. Therefore, in practice, the establishment of a reliable shotcrete lining at drifting station tunnels should be given special attention.

In the article by creating a geomechanical model typical area subway stations studied the stress-strain state of the lining of the station tunnel experimental method.

УДК 625.855.3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОБДЕЛКИ ТИПОВОГО УЧАСТКА СТАНЦИИ

Н. М. Махметова, В. Г. Солоненко, С. Б. Шаяхметов

Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, обделка, напряжение, перемещение, геомеханическая модель.

Аннотация. Положение работы представляет собой экспериментальное исследование, направленное на изучение напряженно-деформированного состояния (НДС) обделок станции типового участка. В ходе проведения эксперимента по моделированию статической работы станционного комплекса «Жибек-Жолы» методом эквивалентных материалов было установлено, что наибольшие деформации проявляются на стадии включения в работу временной крепи. Возведение постоянной обделки положение всей конструкции станции стабилизирует. В связи с этим, на практике вопросу создания надежной набрызгбетонной крепи при проходке станционных тоннелей следует уделять особое внимание.

В статье путем создания геомеханической модели типового участка станции метрополитена исследуется напряженно-деформированное состояние обделки станционных тоннелей экспериментальным методом.

Строительство сети метрополитена на линиях глубокого заложения тесно связано с инженерно-геологическими и градостроительными условиями. Район строительства первой очереди метрополитена города Алматы располагается на северных склонах Заилийского Алатау, в пределах конусов выноса рек Большая и Малая Алматинка. В условиях плотной городской застройки необходимость свести к минимуму осадки земной поверхности становится главной задачей [1, 2].

Расчеты на прочность включают в себя большое количество сложных процедур при выборе материала и его математической модели, определении расчетных нагрузок и составлении расчетной схемы, установлении и анализе напряженно-деформированного состояния рассчитываемого

элемента, оптимизации его размеров и геометрии сопоставлением интенсивности внутренних усилий в конструкции с мерой прочности материала по принятому критерию работоспособности [3, 4].

Создание высокопрочной крепи, обеспечивающей надежность конструкций обделок станционных тоннелей, на основе моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) системы «обделка-грунт» является одним из сложных задач динамики подземных сооружений.

На основе геомеханической модели экспериментальным методом исследуется напряженно-деформированное состояние обделок станционных тоннелей типового участка.

Модель грунтового массива принята адекватной инженерно-геологическим условиям заложения пилонной станции «Жибек-Жолы» строящегося метрополитена г. Алматы. Учитывая однородность инженерно-геологических условий по длине станционного комплекса, а также значительную его протяженность, относительно размеров поперечного сечения, интегральная модель грунтового массива вдоль оси станции ограничена типовым (повторяющимся) участком длиной $L = 10$ м.

Для представленной геомеханической модели, подбор эквивалентного материала производился с учетом масштаба моделирования 1:40, исходя из соблюдения механического подобия величин, характеризующих эти грунты: модуля упругости E , удельного сцепления – C , угла внутреннего трения φ , коэффициента Пуассона ν [5]. Подбор этих характеристик эквивалентного материала осуществлялся в соответствии с теорией механического подобия по формулам:

$$E_M^{\Gamma} = \frac{l\gamma_M}{L\gamma_H} E_H^{\Gamma}, \quad E_M^0 = \frac{l\gamma_M}{L\gamma_H} E_H^0, \quad \nu_M^0 = \nu_H^0, \quad (1)$$

$$C_M^{\Gamma} = \frac{l\gamma_M}{L\gamma_H} C_H^{\Gamma}, \quad \varphi_M^{\Gamma} = \varphi_H^{\Gamma}, \quad (2)$$

где E_M^{Γ} и E_H^{Γ} – модули упругости материала грунтового массива, соответственно, модели и натуре; E_M^0 и E_H^0 – модули упругости материала обделки, соответственно, модели и натуре; ν_M и ν_H – коэффициенты Пуассона обделки в модели и натуре; C_M^{Γ} и C_H^{Γ} – удельное сцепление грунта модели и натуре; φ_M^{Γ} и φ_H^{Γ} – угол внутреннего трения грунта материала модели и натуре; l/L – линейный масштаб моделирования модели; γ_M и γ_H – плотность грунта в модели и натуре. Значения параметров, в соответствии с формулами (1 и 2) для принятой объемной массы эквивалентного материала и масштаба моделирования 1:40, получились равными: модуль упругости $E_M = 1,4$ МПа; угол внутреннего трения $\varphi_M = 40^\circ$; сцепление в модели $C_M = 0,00057$ МПа.

В качестве *материала-эквивалента галечниковых* грунтов осадочного происхождения, был принят грунт, состоящий из смеси кварцевого песка (модуль крупности – 2,85 мм), гранитного щебня (фракция 0,5–10 мм), фактиса (резиновой крошки) и технического вазелина в качестве связующего материала. Расчетные и подобранные значения физико-механических характеристик материала представлены в таблице.

Физико-механические характеристики материала

№ слоя	Наименование грунтов	Натура	В модели	
			Расчетные	Подобранные
1	Галечниковые	$E = 72$ МПа $\gamma = 2,2$ г/см ³ $\varphi = 40^\circ$	$E = 1,4$ МПа $\gamma = 1,64$ г/см ³ $\varphi = 40^\circ$	$E = 1,6$ МПа $\gamma = 1,75$ г/см ³ $\varphi = 32^\circ$

Модель обделки станционных тоннелей выполнена в масштабе 1:40. Выбор масштаба модели станции продиктован с одной стороны удобством изготовления элементов конструкции, а с другой – возможностью фиксации ее напряженно-деформированного состояния в процессе проведения эксперимента. При этом было учтено, что габариты стенда должны ограничивать моделируемый массив грунта за пределами зоны влияния выработки. Поэтому боковые стенки стенда располагались от оси тоннеля на расстоянии в полтора раза больше ее поперечного сечения. В продольном

направлении вдоль оси станции модель ограничивается длиной типового участка станции. В рекомендованном варианте эта длина составила $L = 0,25$ м. В с с выбранным масштабом моделирования 1:40 были приняты следующие размеры поперечного сечения модели станции (рисунок 1): ширина – $D_n = 770$ мм; высота – $D_b = 250$ мм.

К материалу модели обделки предъявляются следующие требования: удовлетворение условиям подобия модели и обделки тоннеля в натуре; возможность многократного использования конструктивных элементов модели в экспериментах; хорошая обрабатываемость материала механическим способом.

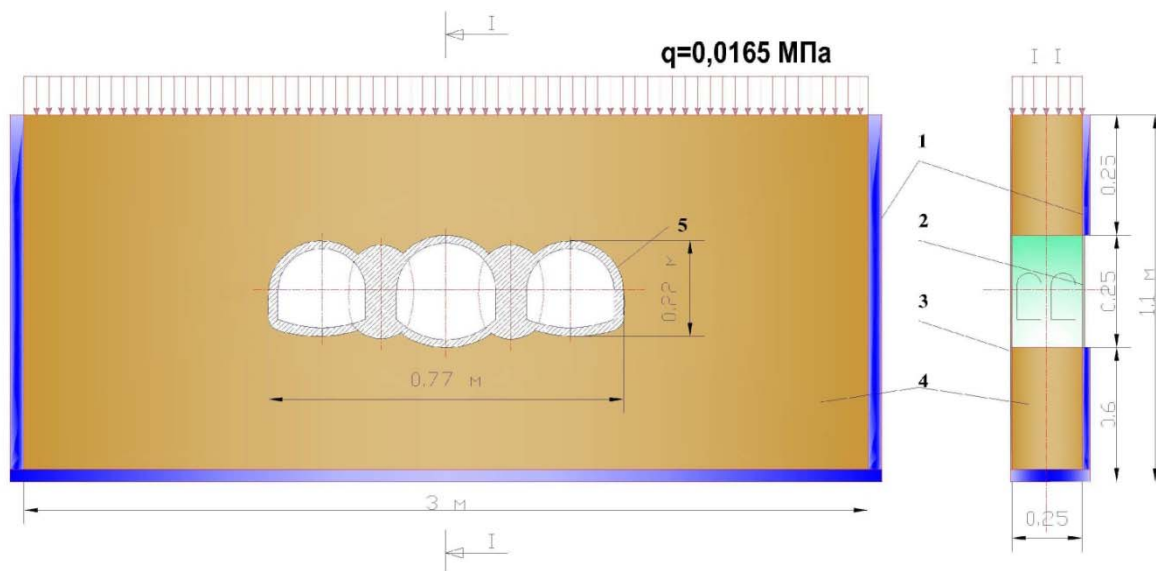


Рисунок 1 – Схема испытательного стенда:

- 1 – металлоконструкции испытательного стенда, 2 – вставка из оргстекла, 3 – стенка из закаленного стекла, 4 – эквивалентный материал грунта, 5 – модель типового участка обделки станции

В качестве материала, удовлетворяющего поставленным требованиям, использовался состав на основе гипса и песка. Подбор осуществлялся путем изменения содержания в материале его компонентов. Предварительно, в соответствии с законом подобия было определено значение модуля упругости материала E_m^o , из которого должна быть изготовлена модель обделки. Расчет указанного параметра для бетона класса В20 (с учетом армирования $E = 27\ 000$ МПа) производился по формуле (2.12) $E_m^o = \frac{1}{40} * \frac{1,9}{2,5} * 27000 = 513$ МПа.

До проходки выработки модель грунтового массива выдерживалась под равномерно распределенной нагрузкой, равной весу вышележащей толщи грунта, с целью ее предварительного уплотнения, после чего, в толще грунтового массива осуществлялась проходка, в соответствии с принятой схемой организации работ по предлагаемому варианту.

В соответствии с принятой технологией производства работ, сооружение станционного комплекса в модели начиналось с создания замкнутой набрызгбетонной оболочки из пенополиуретана и осуществлялась проходка пилонных тоннелей. После раскрытия забоя на полное сечение и выемки грунта (из пилонных тоннелей), в готовые выработки вставлялись, заранее подготовленные, пилоны, выполненные в виде единой конструкции из гипса. Длина пилонов составила 250 мм, что соответствовало длине типового участка станционного комплекса.

Второй этап включал поочередную проходку двух боковых станционных тоннелей. Временная крепь сооружалась по отработанной технологии принятой при сооружении пилонных тоннелей. После чего, возводилась постоянная обделка боковых станционных тоннелей. На заключительном этапе, после сооружения двух боковых станционных тоннелей, осуществлялась проходка среднего станционного тоннеля и возводилась постоянная обделка. Окончательный вид типового участка модели пилонной станции представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Сооруженный типовой участок модели станции

Результаты экспериментальных исследований. Приводим ниже данные, характеризующие деформированное состояние конструкций станции, полученные в результате проведенного эксперимента. При проходке левого пилонного тоннеля проводились наблюдения за изменением деформированного состояния временной крепи из набрызгбетона с помощью деформометров специальной конструкции. Показания деформометров позволили определить, что смещение точек в сечении 1-2 (рисунок 3) по вертикальному диаметру достигло 45 мм (в пересчете на натуру), а смещение по горизонтальному диаметру (сечение 3-4) составило 36 мм. После установки пилон в проектное положение, рост деформаций практически прекратился. В дальнейшем по результатам фотофиксации, горизонтальных и вертикальных смещений в конструкции пилон не зафиксировано [6-8].

При проходке правого пилонного тоннеля изменение вертикального диаметра в сечении 5-6 по показаниям деформометров составило 43 мм, а изменение горизонтального диаметра 34 мм. Так же как и в предыдущем случае, смещений пилон не зафиксировано. В левом пилоном тоннеле в процессе проходки правого дополнительных деформаций не выявлено.

При проходке левого станционного тоннеля было зафиксировано общее изменение вертикального диаметра, которое составило 36 мм. Из них смещение свода – 20 мм, а обратного свода – 16 мм. Смещение стены тоннеля в уровне горизонтального диаметра (сечение 9-10) составило 16 мм. После возведения постоянной отделки деформации стабилизировались. Близкие значения получились и при проходке правого станционного тоннеля. Изменение вертикального диаметра составило 34 мм. Из них смещение свода – 18 мм, а обратного свода – 16 мм. Смещение стены тоннеля в уровне горизонтального диаметра (сечение 15-16) составило 17 мм. При проходке боковых тоннелей смещений массивных пилонов не зафиксировано. Окончательным этапом сооружения станционного комплекса являлось сооружение среднего станционного тоннеля. При разработке грунта среднего станционного тоннеля, деформации временной крепи в шельге свода (сечение 17-18) составили 14 мм. После возведения верхнего свода отделки деформации стабилизировались [9].

Окончательный вид деформированного состояния постоянной отделки показан на рисунке 3. Из рисунка видно, что наибольшие деформации выявлены в сводах боковых станционных тоннелей, которые достигают 20 мм. Наибольшее значение смещений стены тоннеля в уровне горизонтального диаметра зафиксировано в стене станционного тоннеля – 17 мм, а наибольшее значение деформаций обратного свода составило 16 мм. В среднем станционном тоннеле деформации в шельге верхнего свода отделки составили 18 мм. В обратном своде отделки деформации составили 6 мм.

Картина распределения напряжений по внутренней поверхности модели типового участка станции представлена на рисунке 4.

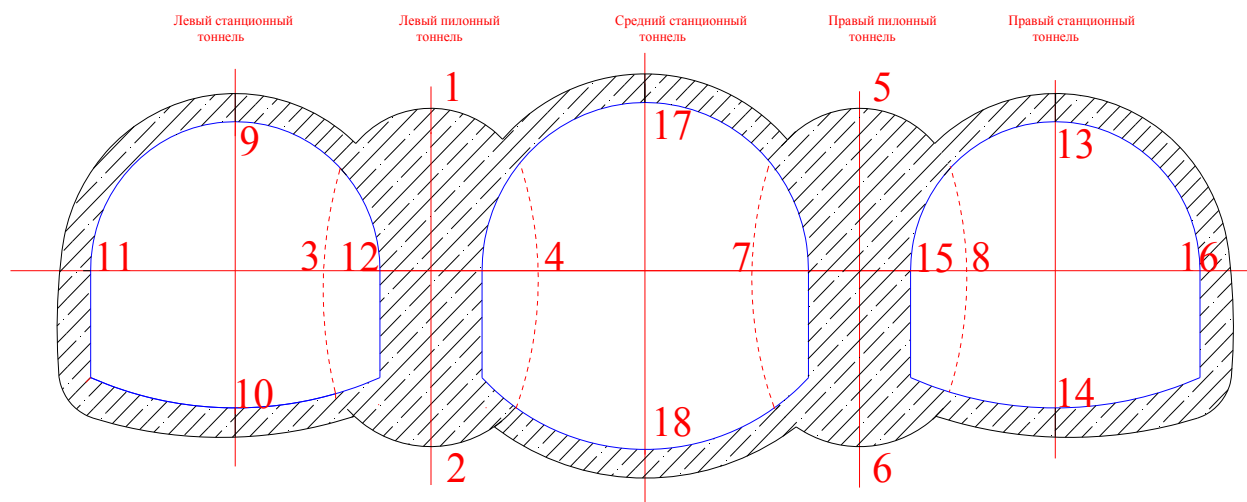


Рисунок 3 – Схема расположения точек фиксации деформаций поперечного сечения обделки станции

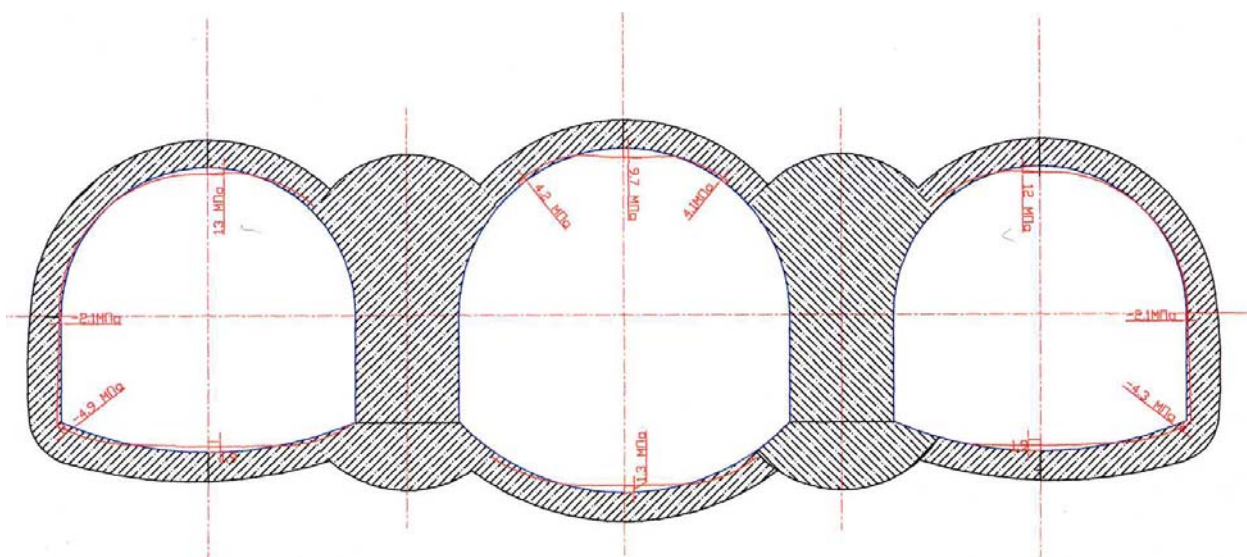


Рисунок 4 – Распределение нормальных тангенциальных напряжений на внутренней поверхности обделки под действием нагрузки $\gamma H = 0,0165 \text{ МПа}$

Из рисунка видно, что наибольшие значения растягивающих напряжений зафиксированы в сводчатой части обделки боковых станционных тоннелей. Значения этих напряжений достигают 13 МПа. Наибольшие сжимающие напряжения, выявленные в зоне сопряжения обратных сводов со стенами боковых станционных тоннелей, составили 5 МПа.

Выводы. Экспериментальное исследование деформированного состояния обделки станционных тоннелей позволило установить, что наибольшие деформации зафиксированы в сводах боковых станционных тоннелей. Экспериментальное исследование напряженного состояния обделки станционных тоннелей позволило установить, что наибольшие значения растягивающих напряжений зафиксированы в сводчатой части обделки боковых станционных тоннелей. Наибольшие сжимающие напряжения зафиксированы в зоне примыкания обратных сводов боковых станционных тоннелей. Экспериментально установленные закономерности изменения величины напряжений в крепи на различных стадиях сооружения станции «Жибек-Жолы» позволили определить прочностные характеристики материала опережающей крепи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Саламахин П.М. Инженерные сооружения в транспортном строительстве. – М.: Академия, 2007. – 264 с.
- [2] Гибшман М.Е., Попов В.И. Проектирование транспортных сооружений. – М.: Транспорт, 1988. – 198 с.

- [3] Маковский Л.В., Поляков Д.В. Моделирование статической работы круговых тоннельных обделок с податливыми стыками во взаимодействии с грунтовым массивом // Транспортное строительство. – 2015. – № 11. – С. 25-27.
- [4] Журавлев Г.М., Наумов И.А. Влияние деформационной повреждаемости на формирование механических свойств материалов строительных конструкций // Транспортное строительство. – 2015. – № 2. – С. 23-25.
- [5] Исаев О.Н., Шарафутдинов Р.Ф. Экспериментальные исследования перебора грунта при микротоннелировании // Транспортное строительство. – 2015. – № 7. – С. 7-10.
- [6] Асратян Д.Р. Тоннели с опережающей крепью // Метрострой. – 1983. – № 7. – С. 7-10.
- [7] Маковский Л.В. Под защитой экрана из труб // Метрострой. – 1980. – № 4. – С. 23-24.
- [8] Асратян Д.Р. Совершенствование способа строительства тоннелей с опережающей бетонной крепью // Транспортное строительство. – 1984. – № 3. – С. 54-55.
- [9] Асратян Д.Р. Натурные экспериментальные исследования технологии проходки тоннелей с опережающей бетонной крепью // Метрострой. – 1986. – № 2. – С. 15-16.

REFERENCES

- [1] Salamahin P.M. Inzhenernye sooruzhenija v transportnom stroitelstve. M.: Akademiya, 2007. 264 p.
- [2] Gibshman M.E., Popov V.I. Proektirovanie transportnyh sooruzheniy. M.: Transport, 1988. 198 p.
- [3] Makovskiy L.V., Poljakov D.V. Modelirovanie staticheskoi raboty krugovyh tonnelnyh obdelok s podatlivymi stykami vo vzaimodeistvii s gruntovym massivom. Transportnoe stroitelstvo. 2015. N 11. P. 25-27.
- [4] Zhuravlev G.M., Naumov I.A. Vlijanie deformatsionnoi povrezhdaemosti na formirovanie mehanicheskikh svoystv materialov stroitelnykh konstruktsiy. Transportnoe stroitelstvo. 2015. N 2. P. 23-25.
- [5] Isaev O.N., Sharafutdinov R.F. Jksperimentalnye issledovaniya perebora grunta pri mikrotonnelirovanii. Transportnoe stroitelstvo. 2015. N 7. P. 7-10.
- [6] Asratjan D.R. Tonneli s operezhayushey krepyu. Metrostroï. 1983. N 7. P. 7-10.
- [7] Makovskiy L.V. Pod zashitoy jkrana iz trub. Metrostroï. 1983. N 4. P. 23-24.
- [8] Asratjan D.R. Sovershenstvovanie sposoba stroitelstva tonneley s operezhayushey betonnoy krepyu. Transportnoe stroitelstvo. 1984. N 3. P. 54-55.
- [9] Asratjan D.R. Naturnye jksperimentalnye issledovaniya tehnologii prohodki tonneley s operezhayushey betonnoy krepyu. Metrostroï. 1986. N 2. P. 15-16.

**СТАНЦИЯНЫҢ ТИПТІК БӨЛІГІНДЕГІ ҚАТПАРЛАМАСЫНЫҢ
КЕРНЕУЛІ-ДЕФОРМАЦИЯЛЫҚ КҮЙІНІҢ ЭКСПЕРИМЕНТАЛДЫ ЕСЕПТЕУІ**

Н. М. Махметова, В. Г. Солоненко, С. Б. Шаяхметов

М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан

Түйін сөздер: кернеулі-деформациялық күй, бекітпе, кернеу, жылжу, геомеханикалық модель.

Аннотация. Станцияның типтік бөлігіндегі қатпарламаларының кернеулі-деформациялық күйін білуге бағытталған эксперименталды зерттеу жұмысы болып табылады. Эквивалент материалдар әдісі арқылы Жібек Жолы комплексті станциясының статикалық жұмысын моделдеу негізінде жүргізілген эксперимент нәтижесінде үлкен деформациялар уақытша қатпарламаны жұмысқа қосқан кезде пайда болатындығы орнатылған. Тұрақты қатпарлама жүргізу арқылы станцияның барлық құрылымдарының жағдайын орнықты етуге болады. Осыған байланысты, практикада төзімді себу бетонды қатпарлама жасау мәселесіне станциялық тесіктауды жүргізу кезінде аса көңіл бөлу қажет.

Мақалада метрополитен станциясының геомеханикалық моделін құру арқылы станциялық тесіктаудың типтік бөлігіндегі қатпарламаларының кернеулі-деформациялық күйі эксперименттік әдіспен зерттеледі.

Поступила 17.02.2016г.

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

<http://www.bulletin-science.kz/index.php/ru/>

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 24.05.2016.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
11,5 п.л. Тираж 2000. Заказ 3.