

ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

2016 • 5

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ
БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

REPORTS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ЖУРНАЛ 1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1944 г.
PUBLISHED SINCE 1944



Б а с р е д а к т о р ы
х.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі **М.Ж. Жұрынов**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Адекенов С.М. проф., академик (Қазақстан) (бас ред. орынбасары)
Боос Э.Г. проф., академик (Қазақстан)
Величкин В.И. проф., корр.-мүшесі (Ресей)
Вольдемар Вуйчик проф. (Польша)
Гончарук В.В. проф., академик (Украина)
Гордиенко А.И. проф., академик (Белорус)
Дука Г. проф., академик (Молдова)
Илолов М.И. проф., академик (Тәжікстан),
Леска Богуслава проф. (Польша),
Локшин В.Н. проф. чл.-корр. (Қазақстан)
Нараев В.Н. проф. (Ресей)
Неклюдов И.М. проф., академик (Украина)
Нур Изура Удзир проф. (Малайзия)
Перни Стефано проф. (Ұлыбритания)
Потапов В.А. проф. (Украина)
Прокопович Полина проф. (Ұлыбритания)
Омбаев А.М. проф. (Қазақстан)
Өтелбаев М.О. проф., академик (Қазақстан)
Садыбеков М.А. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Сатаев М.И. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Северский И.В. проф., академик (Қазақстан)
Сикорски Марек проф. (Польша)
Рамазанов Т.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Қазақстан), бас ред. орынбасары
Харин С.Н. проф., академик (Қазақстан)
Чечин Л.М. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Харун Парлар проф. (Германия)
Энджун Гао проф. (Қытай)
Эркебаев А.Э. проф., академик (Қырғыстан)

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»

ISSN 2518-1483 (Online),

ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.)
Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде 01.06.2006 ж.
берілген №5540-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 2000 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz>, reports-science.kz

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2016

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Главный редактор
д.х.н., проф., академик НАН РК **М. Ж. Журинов**

Редакционная коллегия:

Адекенов С.М. проф., академик (Казахстан) (зам. гл. ред.)
Боос Э.Г. проф., академик (Казахстан)
Величкин В.И. проф., чл.-корр. (Россия)
Вольдемар Вуйчик проф. (Польша)
Гончарук В.В. проф., академик (Украина)
Гордиенко А.И. проф., академик (Беларусь)
Дука Г. проф., академик (Молдова)
Илолов М.И. проф., академик (Таджикистан),
Леска Богуслава проф. (Польша),
Локшин В.Н. проф. чл.-корр. (Казахстан)
Нараев В.Н. проф. (Россия)
Неклюдов И.М. проф., академик (Украина)
Нур Изура Удзир проф. (Малайзия)
Перни Стефано проф. (Великобритания)
Потапов В.А. проф. (Украина)
Прокопович Полина проф. (Великобритания)
Омбаев А.М. проф. (Казахстан)
Отелбаев М.О. проф., академик (Казахстан)
Садыбеков М.А. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Сатаев М.И. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Северский И.В. проф., академик (Казахстан)
Сикорски Марек проф., (Польша)
Рамазанов Т.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Казахстан), зам. гл. ред.
Харин С.Н. проф., академик (Казахстан)
Чечин Л.М. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Харун Парлар проф. (Германия)
Энджун Гао проф. (Китай)
Эркебаев А.Э. проф., академик (Кыргызстан)

Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан»

ISSN 2518-1483 (Online),

ISSN 2224-5227 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «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 №5540-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г.Алматы, ул.Шевченко, 28, ком.218-220, тел. 272-13-19, 272-13-18

<http://nauka-nanrk.kz> reports-science.kz

©Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016 г.

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

E d i t o r i n c h i e f

doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK **M.Zh. Zhurinov**

E d i t o r i a l b o a r d :

Adekenov S.M. prof., academician (Kazakhstan) (deputy editor in chief)

Boos E.G. prof., academician (Kazakhstan)

Velichkin V.I. prof., corr. member (Russia)

Voitsik Valdemar prof. (Poland)

Goncharuk V.V. prof., academician (Ukraine)

Gordiyenko A.I. prof., academician (Belarus)

Duka G. prof., academician (Moldova)

Ilov M.I. prof., academician (Tadjikistan),

Leska Boguslava prof. (Poland),

Lokshin V.N. prof., corr. member. (Kazakhstan)

Narayev V.N. prof. (Russia)

Nekludov I.M. prof., academician (Ukraine)

Nur Izura Udzir prof. (Malaysia)

Perni Stephano prof. (Great Britain)

Potapov V.A. prof. (Ukraine)

Prokopovich Polina prof. (Great Britain)

Ombayev A.M. prof. (Kazakhstan)

Otelbayv M.O. prof., academician (Kazakhstan)

Sadybekov M.A. prof., corr. member. (Kazakhstan)

Satayev M.I. prof., corr. member. (Kazakhstan)

Severskiy I.V. prof., academician (Kazakhstan)

Sikorski Marek prof., (Poland)

Ramazanov T.S. prof., corr. member. (Kazakhstan)

Takibayev N.Zh. prof., academician (Kazakhstan), deputy editor in chief

Kharin S.N. prof., academician (Kazakhstan)

Chechin L.M. prof., corr. member. (Kazakhstan)

Kharun Parlar prof. (Germany)

Endzhun Gao prof. (China)

Erkebayev A.Ye. prof., academician (Kyrgyzstan)

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

ISSN 2224-5227

ISSN 2518-1483 (Online),

ISSN 2224-5227 (Print)

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 5540-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/> reports-science.kz

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

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

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 156 – 172

B.B. Teltayev¹, K.A. Aitbayev², S.A. Ablaliev³

^{1,2}Kazakhstan Highway Research Institute, 2A Nurpeissov St., Almaty, Republic of Kazakhstan, ³Committee of Roads, Ministry for Investments and Development, 32/1 Kabanbai batyr St., Astana, Republic of Kazakhstan
bagdatbt@yahoo.com, aytbaev53@mail.ru, Ablaliev.s@mob.gov.kz

**IMPACT OF UNDERGROUND COLLECTOR
ON STRESS STRAIN BEHAVIOUR OF PAVEMENT STRUCTURE**

Abstract: The article shows the results of solving for plane elasticity problem by finite element method for multilayer pavement structure. Due to the impact of traffic load the stress strain behavior of pavement structure is complicated by availability of inflexible underground collector in subgrade of pavement. The results of comparison for components of displacement vector and stress tensor are shown in graphical form with underground reinforced concrete collector and without it. The analysis is given for the results obtained.

Key words: pavement, underground reinforced concrete collector, plane elasticity problem, finite element method, displacements, strains, stresses.

УДК 625.75:624.042:519.34

Б. Б.Телтаев¹, К.А.Айтбаев², С.А. Аблалиев³

^{1,2}Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт, Нурпеисова 2А, Алматы, Республика Казахстан, ³Комитет автомобильных дорог, Министерство по инвестициям и развитию, Кабанбай батыра 32/1, Астана, Республика Казахстан

**ВЛИЯНИЕ ПОДЗЕМНОГО КОЛЛЕКТОРА
НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ
ДОРОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ**

Аннотация: В статье приведены результаты решения плоской задачи теории упругости методом конечных элементов для многослойной дорожной конструкции. Напряженно-деформированное состояние дорожной конструкции, обусловленное действием транспортной нагрузки, усложняется наличием в грунтовом основании дорожной одежды жесткого подземного железобетонного коллектора. Результаты сравнения компонентов вектора перемещений и тензора напряжений в конструкциях автомобильных дорог с подземным железобетонным коллектором и без него представлены в графическом виде. Приведен анализ полученных результатов.

Ключевые слова: дорожная одежда, подземный железобетонный коллектор, плоская задача теории упругости, метод конечных элементов, перемещения, деформации, напряжения.

Введение

Деформации и напряжения в городских дорожных конструкциях, возникающие под действием подвижной транспортной нагрузки и температуры окружающей среды, усиливаются под влиянием работы тепловых сетей, расположенных под проезжей частью.

Кроме температурного влияния, подземные тепловые сети вызывают еще воздействия механического характера, так как жесткость железобетонных коллекторов, в которые вмонтированы металлические трубы подачи горячей и охлажденной воды, существенно превышает жесткость грунтового основания дорог.

Исследования авторов особенностей распределения напряжения и деформации в городской

дорожной конструкции с подземным коллектором были начаты с середины 90-ых годов прошлого столетия [1-3] и в настоящее время продолжают [4].

Целью настоящей работы является более углубленное исследование с помощью разработанной конечно-элементной математической модели напряженно-деформированного состояния городской дорожной конструкции с подземным железобетонным коллектором под действием автомобильной нагрузки. Для оценки степени влияния подземного коллектора на напряженно-деформированное состояние в дорожной конструкции, в работе приведено сравнение картин распределения напряжений и деформации в дорожной конструкции с подземным железобетонным коллектором, и без него.

1 Постановка задачи

Для построения математической модели городской дорожной конструкции с подземными железобетонными коллекторами рассмотрим поперечное сечение городской дороги.

Дорожная конструкция состоит из трехслойной асфальтобетонной дорожной одежды и основания дорожной одежды из щебеночной смеси подобранного состава, покоящегося на слое из песчано-гравийной смеси, в котором устроены железобетонные коллекторы.

Применяемый здесь железобетонный коллектор является серийным изделием и имеет следующие геометрические размеры: общая ширина спаренного коллектора $l_k = 2.80$ м и их высота $h_k = 1.40$ м. Схематический вид дорожной конструкции представлен на рисунке 1.

Геометрические размеры конструктивных слоев и механические свойства материалов конструктивных элементов приведены в таблице.

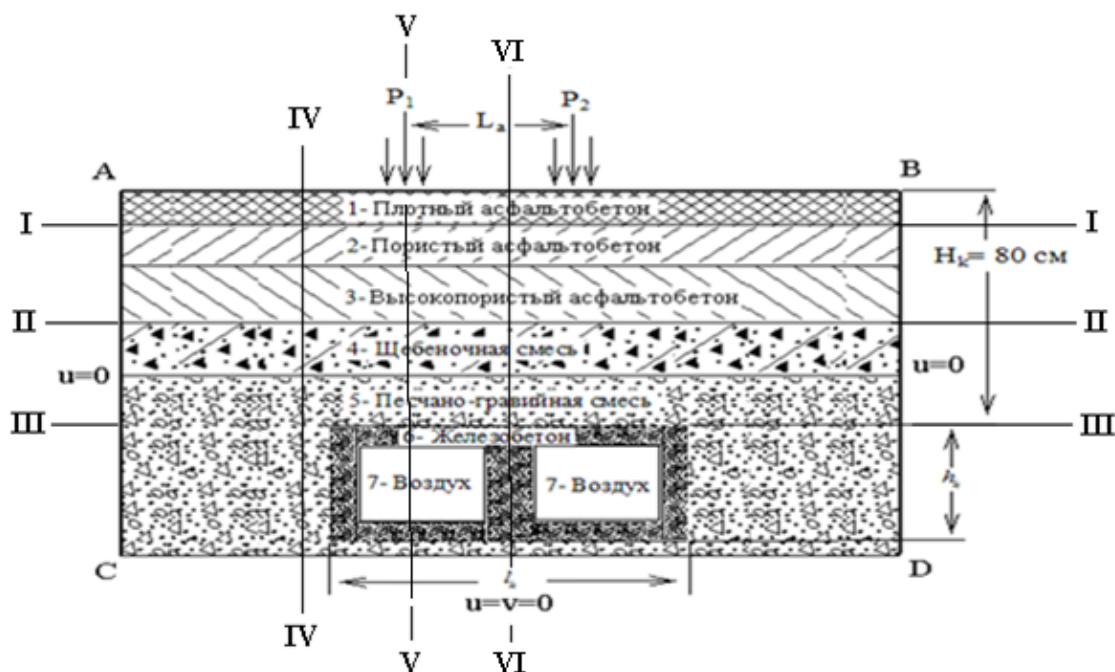


Рисунок 1 – Схематический вид дорожной конструкции: 1 – плотный асфальтобетон; 2 – асфальтобетон пористый; 3 – высокопористый асфальтобетон; 4 – щебеночная смесь подобранного состава; 5 – песчано-гравийная смесь; 6 – железобетонные стенки подземных коллекторов; 7 – воздух внутри коллекторов; L_a – ширина колеи транспортного средства; H_k – глубина заложения железобетонных коллекторов; P_1, P_2 – нагрузки от колес транспортного средства; u, v – компоненты перемещения точек на границах в направлении координатных осей x и y соответственно

В настоящей работе рассматривается невесомая плоская задача статики теории упругости.

На боковых вертикальных границах исследуемой области (рисунок 1, линий AC и BD) в силу их удаленности от места приложения вертикальных транспортных нагрузок и от границ коллекторов отсутствуют горизонтальные перемещения ($u = 0$), а на нижней границе исследуемой области (рисунок 1, линия CD) запрещены все перемещения ($u = v = 0$).

Таблица – Характеристики конструктивных элементов

№	Материал конструктивного слоя	Модуль упругости E, МПа	Коэффициент Пуассона, ν	Плотность, кг/м ³	Высота слоя, м
1	Плотный асфальтобетон	3200	0,25	2400	0,05
2	Пористый асфальтобетон	2000	0,25	2300	0,10
3	Высокопористый асфальтобетон	1400	0,25	2100	0,12
4	Щебеночная смесь	250	0,35	1900	0,33
5	Песчано-гравийная смесь	180	0,35	1900	-
6	Железобетон коллектора	3000	0,20	2750	1,4
7	Воздух внутри коллекторов	-	-	-	-

Исследуемая область представляет собой прямоугольник шириной 10.1 м и высотой 3.15 м.

Вес автомобиля, рассчитанный из номинальной транспортной нагрузки с интенсивностью $q=0.6$ МПа и передаваемый через два колеса автомобиля, прикладывается к верхней горизонтальной границе в виде распределенных вертикальных нагрузок $P_1 = P_2$ (рисунок 1) в соответствующих узловых точках.

2 Теоретические основы

Так как задача решается в перемещениях, и на границах исследуемой области задаются их значения, для построения уравнения равновесия выбирается метод минимизации полной потенциальной энергии системы, связанной с работой напряжений и внешней приложенной нагрузки [5].

Полная потенциальная энергия системы в матричной форме запишется так [5]:

$$\begin{aligned} \Pi = \sum_{e=1}^E \int_{V^{(e)}} \frac{1}{2} \{U\}^T [B^{(e)}]^T [D^{(e)}] [B^{(e)}] \{U\} dV - \int_{V^{(e)}} \{U\}^T [B^{(e)}]^T [D^{(e)}] \{\varepsilon_0^{(e)}\} dV - \\ - \int_{V^{(e)}} \{U\}^T [N^{(e)}]^T \begin{Bmatrix} X^{(e)} \\ Y^{(e)} \\ Z^{(e)} \end{Bmatrix} dV - \int_{S^{(e)}} \{U\}^T [N^{(e)}]^T \begin{Bmatrix} p_x^{(e)} \\ p_y^{(e)} \\ p_z^{(e)} \end{Bmatrix} dS - \{U\}^T \{P\}. \end{aligned} \quad (1)$$

Для минимизации полной потенциальной энергии формулу (1) нужно продифференцировать по вектору перемещений $\{U\}$, и результат приравнять к нулю:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi}{\partial \{U\}} = \sum_{e=1}^E \left[\int_{V^{(e)}} [B^{(e)}]^T [D^{(e)}] [B^{(e)}] dV \{U\} - \int_{V^{(e)}} [B^{(e)}]^T [D^{(e)}] \{\varepsilon_0^{(e)}\} dV - \right. \\ \left. - \int_{V^{(e)}} [N^{(e)}]^T \begin{Bmatrix} X^{(e)} \\ Y^{(e)} \\ Z^{(e)} \end{Bmatrix} dV - \int_{S^{(e)}} [N^{(e)}]^T \begin{Bmatrix} p_x^{(e)} \\ p_y^{(e)} \\ p_z^{(e)} \end{Bmatrix} dS \right] - \{P\} = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Интегралы в формуле (2) определяют вектор узловой нагрузки $\{f^{(e)}\}$ и матрицу жесткости элемента $[k^{(e)}]$. В таком случае, условие минимизации полной потенциальной энергии кратко можно записать следующим образом:

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \{U\}} = \sum_{e=1}^E \left[[k^{(e)}] \{U\} + \{f^{(e)}\} \right] = 0$$

или в виде системы линейных алгебраических уравнений равновесия

$$[K] \{U\} = \{F\}, \quad (3)$$

где

$$[K] = \sum_{e=1}^E [k^{(e)}] \quad \text{и} \quad \{F\} = \sum_{e=1}^E \{f^{(e)}\}.$$

Здесь матрица $[k^{(e)}]$ определяется через объемный интеграл как

$$[k^{(e)}] = \int_{V^{(e)}} [B^{(e)}]^T [D^{(e)}] [B^{(e)}] dV, \quad (4)$$

а вектор узловой нагрузки $\{f^{(e)}\}$ – по формуле

$$\begin{aligned} \{f^{(e)}\} = & - \int_{V^{(e)}} [B^{(e)}]^T [D^{(e)}] \{\varepsilon_0^{(e)}\} dV - \int_{V^{(e)}} [N^{(e)}]^T \begin{Bmatrix} X^{(e)} \\ Y^{(e)} \\ Z^{(e)} \end{Bmatrix} dV - \\ & - \int_{S^{(e)}} [N^{(e)}]^T \begin{Bmatrix} p_x^{(e)} \\ p_y^{(e)} \\ p_z^{(e)} \end{Bmatrix} dS - \{P\}. \end{aligned} \quad (5)$$

Так как в рассматриваемой математической модели дорожной конструкции деформирование проходит в режиме плоской деформации, то матрица упругости $[D^{(e)}]$ определяется по формуле [5]:

$$[D] = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1 & \frac{\nu}{1-\nu} & 0 \\ \frac{\nu}{1-\nu} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2(1-\nu)} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Модуль упругости E и коэффициент Пуассона ν в формуле (6) взяты для изотропных материалов.

Для численной реализации математической модели разработана расчетная программа на MATLAB. Вектор узловых перемещений, полученный в результате решения уравнения равновесия (3) имеет вид

$$\{U\} = \{u_1 \ u_2 \ \dots \ u_{NP} \ u_{1+NP} \ u_{2+NP} \ \dots \ u_{2*NP}\}, \quad (7)$$

где NP – общее число узлов в расчетной схеме. Здесь через $u_i, i = \overline{1, NP}$ обозначены горизонтальные, а через $u_{i+NP} = v_i, i = \overline{1, NP}$ – вертикальные перемещения узлов.

3 Проверка правильности граничных условий

Степень влияния жесткого подземного коллектора на уровень деформирования дорожной конструкции под действием транспортной нагрузки наиболее полно показывают графики изменения вертикальных перемещений u_y точек горизонтальных сечений (рисунок 2), расположенных на глубинах $h=0$ см, $h=45$ см и $h=80$ см. Здесь глубина $h=0$ см соответствует поверхности дорожного покрытия, глубина $h=80$ см – поверхности подземных коллекторов. Из рисунка 2 видно что, визуально заметная часть вертикальных перемещений под действием веса автомобиля распространяется до расстояния 150-170 см от границ коллекторов. Из него же видно экранирующий эффект коллекторов на развитие вертикальных перемещений. Например, на глубине $h=80$ см (уровень поверхности коллектора) вертикальное перемещение практически отсутствует.

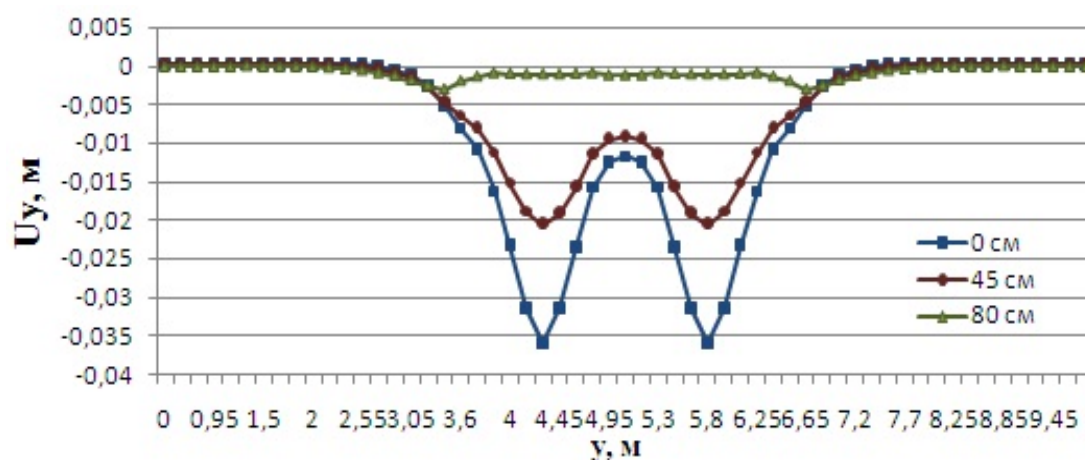


Рисунок 2 – Графики изменения вертикальных перемещений u_y в конструкции с коллектором на глубинах $h=0$ см, $h=45$ см и $h=80$ см

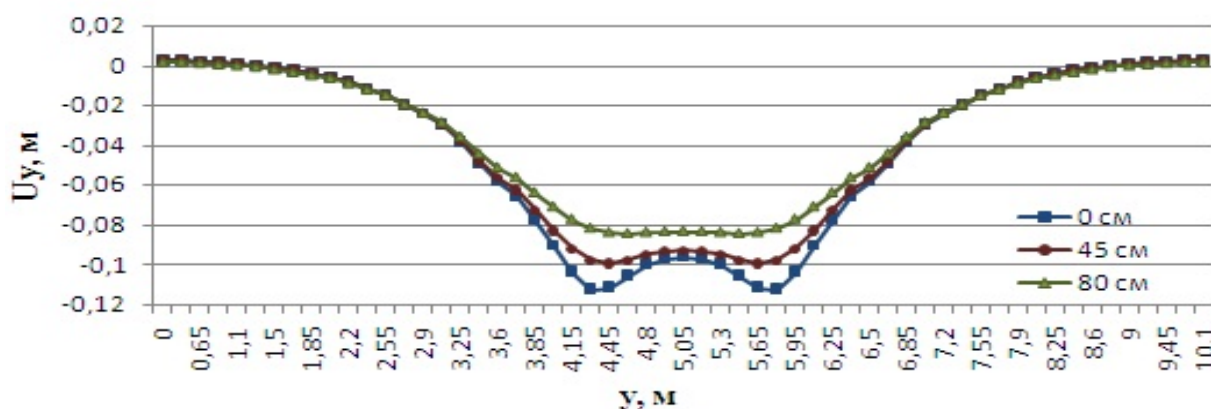


Рисунок 3 – Графики изменения вертикальных перемещений u_y в конструкции без коллектора на глубинах $h=0$ см, $h=45$ см и $h=80$ см

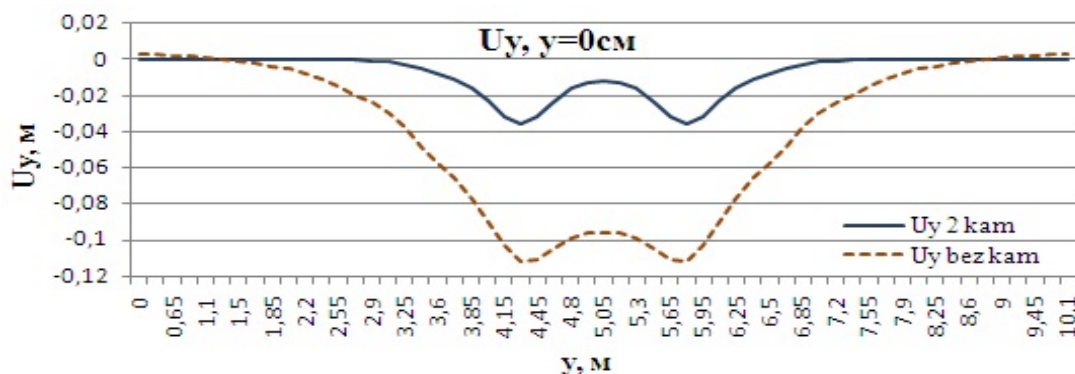


Рисунок 4 – Графики изменения вертикальных перемещений u_y в конструкции с коллектором (Uy 2kam) и без коллектора (Uy bezkam) на глубинах $h=0$ см, $h=45$ см и $h=80$ см

Незначительное вертикальное перемещение появляется лишь в областях, расположенных за границами коллектора, которое постепенно затухает на расстоянии 150-170 см от них. Однако, и этих незначительных вертикальных перемещений достаточно, чтобы на практике на дорожном покрытии наблюдались остаточные деформации в виде просадок и продольных трещин.

Картина развития вертикальных перемещений в конструкции с коллектором на других глубинах по характеру полностью совпадает с картиной деформирования горизонтальных слоев дорожной конструкции без коллектора (рисунок 3), хотя в первом случае вертикальные перемещения точек горизонтальных слоев по величине намного уступают вертикальным перемещениям соответствующих слоев дорожной конструкции без коллектора. Для количественной оценки степени различия деформирования двух видов конструкций, на рисунке 4 приведено сравнение вертикальных перемещений поверхностей дорожных покрытий ($h=0$ см) дорожных конструкций с подземным коллектором и без него. Здесь через Uy 2 kam обозначено вертикальное перемещение поверхности дорожного покрытия автомобильной дороги с подземным коллектором. Соответственно через Uy bez kam – без подземного коллектора.

Для улучшения наглядности на графиках рисунков 2-4 значения вертикальных перемещений точек Uy представлены в 100кратно увеличенном виде.

4 Напряженно-деформированное состояние дорожной конструкции

Соотношения связи между деформациями точек конечного элемента и перемещениями узловых точек $\{U\} = \{u_1 \ u_2 \ \dots \ u_{NP} \ u_{1+NP} \ u_{2+NP} \ \dots \ u_{2*NP}\}$ в матричной форме имеют вид [5]

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} = \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} b_i & b_j & b_k & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c_i & c_j & c_k \\ c_i & c_j & c_k & b_i & b_j & b_k \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_i \\ u_j \\ u_k \\ v_i \\ v_j \\ v_k \end{Bmatrix}, \quad (8)$$

где b_α, c_α ($\alpha = i, j, k$) получены в результате дифференцирования функций формы N_α ($\alpha = i, j, k$) [5] по координатам. Здесь A – площадь конечного элемента, i, j и k – глобальные номера узлов треугольного элемента, а u_α ($\alpha = i, j, k$) и v_α ($\alpha = i, j, k$) – горизонтальные и вертикальные перемещения соответствующих узлов.

Так как компоненты перемещения узлов каждого элемента u_i, u_j, u_k, v_i, v_j и v_k постоянны, то и деформации во всех точках конечного элемента, определяемые по формуле (8), будут постоянными в пределах каждого конечного элемента.

Для определения компонентов напряжений σ_x , σ_y и τ_{xy} воспользуемся законом Гука [6]

$$\sigma_x = E\varepsilon_x, \quad \sigma_y = E\varepsilon_y, \quad \tau_{xy} = G\gamma_{xy}, \quad (9)$$

где $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$ – модуль сдвига. Здесь компоненты деформаций ε_{xx} , ε_{yy} и γ_{xy} определяются по формулам (8).

Для проведения сравнительного анализа напряженного состояния в дорожных конструкциях с подземным железобетонным коллектором и без него предварительно назначим характерные сечения в расчетной области.

Сначала выберем горизонтальные сечения I-I, II-II и III-III, расположенные на глубинах $h=5$ см, $h=45$ см и $h=80$ см (рисунок 1), охватывающие дорожную одежду и уровень поверхности коллекторов. Затем, для исследования закономерностей развития по глубине тех же компонентов напряжений назначим три вертикальных сечения IV-IV, V-V и VI-VI.

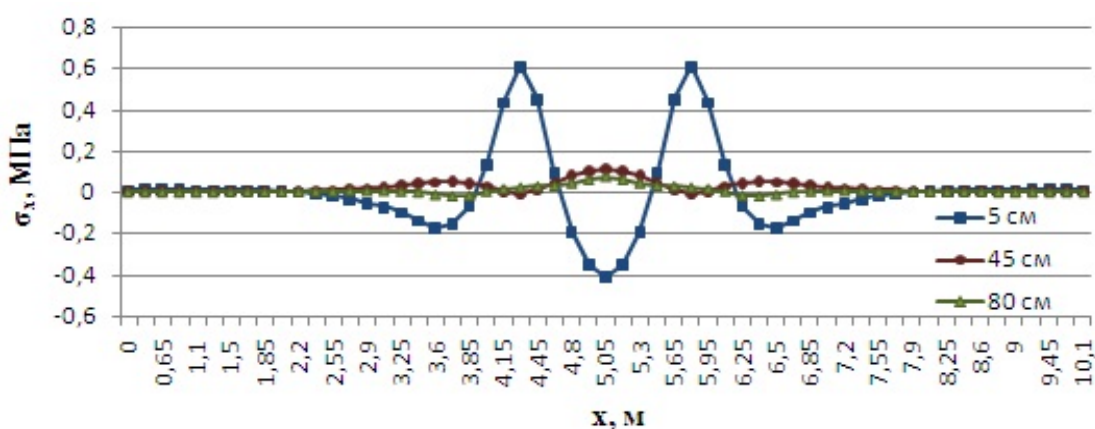


Рисунок 5 – Графики изменения нормальных напряжений σ_x в конструкции с коллектором в сечениях I-I, II-II и III-III (глубины $h=5$ см, $h=45$ см и $h=80$ см)

Первое сечение IV-IV будет расположено на расстоянии 10 см от левой вертикальной границы подземного коллектора. В качестве второго - выберем сечение V-V, проходящее по центру вертикальной распределенной нагрузки от левого колеса автомобиля, а третье сечение VI-VI будет проходить по вертикальной линии симметрии расчетной схемы (рисунок 1), т.е. ровно посередине исследуемой области.

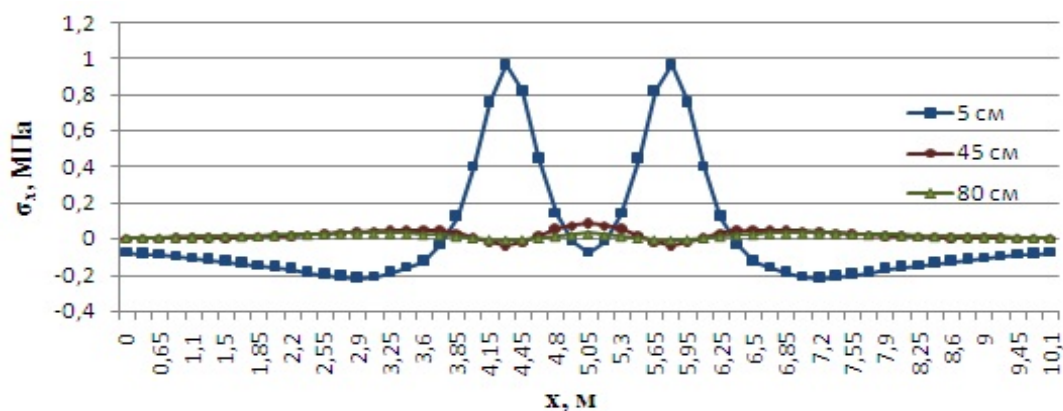


Рисунок 6 – Графики изменения нормальных напряжений σ_x в конструкции без коллектора в сечениях I-I, II-II и III-III (глубины $h=5$ см, $h=45$ см и $h=80$ см)

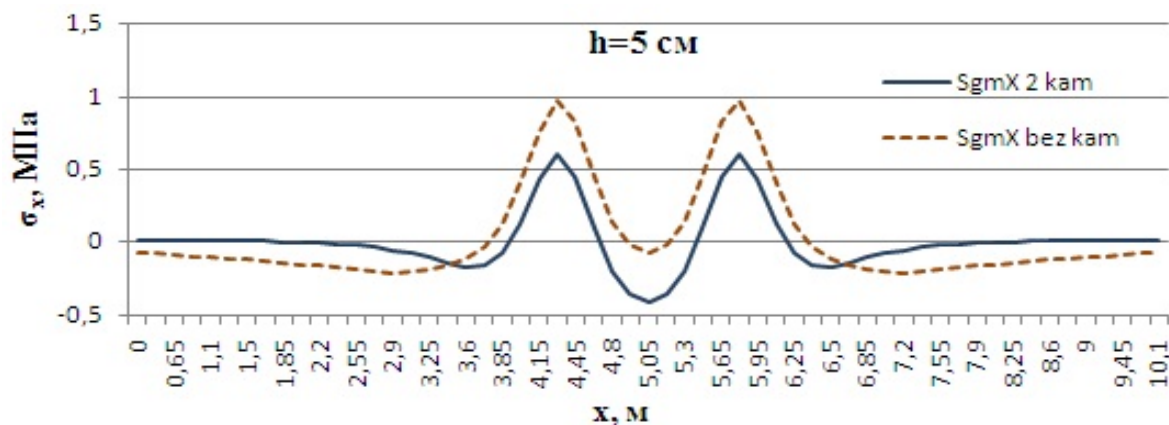


Рисунок 7 – Графики сравнения нормальных напряжений σ_x в конструкциях с коллектором и без него на глубине $h=0$ см

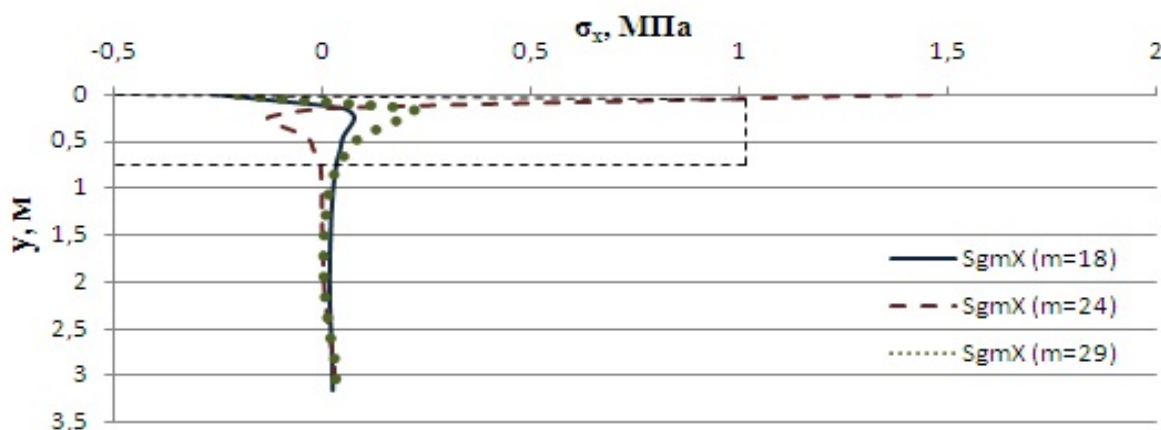


Рисунок 8 – Графики изменения нормальных напряжений σ_x в конструкции без коллектора в сечениях IV-IV, V-V и VI-VI

На рисунках 5 и 6 приведены графики изменения нормальных напряжений σ_x на глубинах $h=5$ см, $h=45$ см и $h=80$ см для дорожных конструкций с подземным коллектором (рисунок 5) и без коллектора (рисунок 6).

Из рисунков 5 и 6 видно, что характер распределения нормальных напряжений σ_x в обоих случаях абсолютно идентичен. Что касается величин нормальных напряжений σ_x , то, в случае отсутствия подземного коллектора, сжимающие напряжения σ_x вырастают до 1.0 МПа непосредственно под колесами автомобиля (рисунок 6) против 0.6 МПа в случае наличия коллектора (рисунок 5). А в зоне между колесами растягивающие напряжения σ_x достигают -0.4 МПа в случае наличия подземного коллектора (рисунок 5), в то время как они едва достигают -0.1 МПа в случае его отсутствия (рисунок 6).

Исследование закономерностей развития нормальных напряжений σ_x по глубине показало следующее:

- основные изменения нормальных напряжений σ_x происходят в пределах дорожной одежды, постепенно снижаясь до нуля в грунтовом основании дорожной одежды;
- по характеру распределения напряжений вертикальные сечения IV-IV и VI-VI взаимно идентичны. В обоих случаях растягивающие напряжения на поверхности дорожного покрытия (до -0.25 МПа) переходят в сжимающие – в срединной плоскости дорожной одежды, затем они стремятся к нулю. Только сечение VI-VI оказывается более сжатым (до +0.2 МПа);

- характер распределения нормальных напряжений σ_x в сечении V-V резко отличается от подобного характера в двух остальных сечениях тем, что здесь все наоборот (рисунок 8). Здесь в срединной плоскости дорожной одежды появляются растягивающие напряжения σ_x величиной до -0.2 МПа, а на поверхности дорожного покрытия сжимающие напряжения достигают значительных величин (+1.45 МПа). Такое поведение нормальных напряжений σ_x в сечении V-V объясняется тем, что это сечение проходит через зону сингулярности, т.е. вблизи точек приложения сосредоточенных вертикальных сил.

Следует отметить, что закономерности изменения напряжений σ_x по глубине в обоих случаях практически совпадают, и в дальнейшем приводим результаты только для конструкции с подземным коллектором.

Для более внимательного рассмотрения картины распределения σ_x в области его интенсивного изменения, т.е. в диапазоне изменения глубины от 0.05 м до 0.8 м, на рисунке 8 упомянутая область выделена пунктирными линиями, и выделенная область для конструкции с коллектором показана на отдельном рисунке 9.

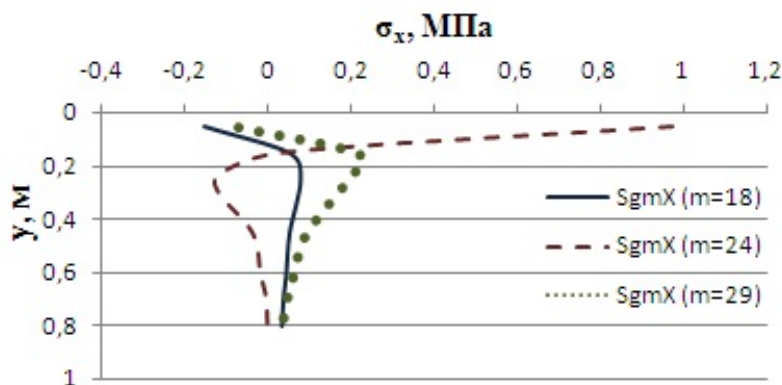


Рисунок 9 – Графики изменения по глубине нормальных напряжений σ_x в дорожной одежде конструкции с коллектором в сечениях IV-IV, V-V и VI-VI

Из всего сказанного следует, что присутствие в составе дорожной конструкции подземного железобетонного коллектора вносит существенные изменения в картину формирования напряженного состояния в ней.

Особенности формирования напряженного состояния дорожной конструкции с подземным коллектором и без него удобнее увидеть на картинах изолиний напряжений рисунка 10. Сравнение рисунков 10а и 10б позволяет убедиться в правильности вышеприведенных рассуждений. Кроме того, из них можно увидеть, что в случае наличия подземного коллектора помимо зон концентрации напряжений в точках приложения вертикальных транспортных нагрузок, в конструкции с подземным коллектором появятся еще две зоны концентрации напряжений вблизи верхних угловых точек коллекторов (рисунок 10а).

Следует отметить, что для получения целочисленных уровней на картинах изолиний рисунка 10 значения нормальных горизонтальных напряжений σ_x в МПа приведены в 100 раз увеличенном виде.

Результаты анализа нормальных вертикальных напряжений σ_y представлены на рисунках 11-17. На рисунках 11 и 12 приведены графики изменения нормальных напряжений σ_y в конструкции с коллектором и без коллектора в горизонтальных сечениях I-I, II-II и III-III, расположенных на глубинах $h=5$ см, $h=45$ см и $h=80$ см (рисунок 1). Из рисунков видно, что в этом случае картины распределения напряжений σ_y в точках дорожной одежды в обеих конструкциях практически совпадают. Небольшое отличие наблюдается лишь в области, заключенной между колесами автомобиля, когда сжимающее напряжение в срединной плоскости (глубина 45 см) в

конструкции с коллектором имеет больший градиент, чем в конструкции без коллектора. Такое заключение подтверждается и результатами рисунка 13, где графики распределения σ_y на поверхности дорожного покрытия практически сливаются.

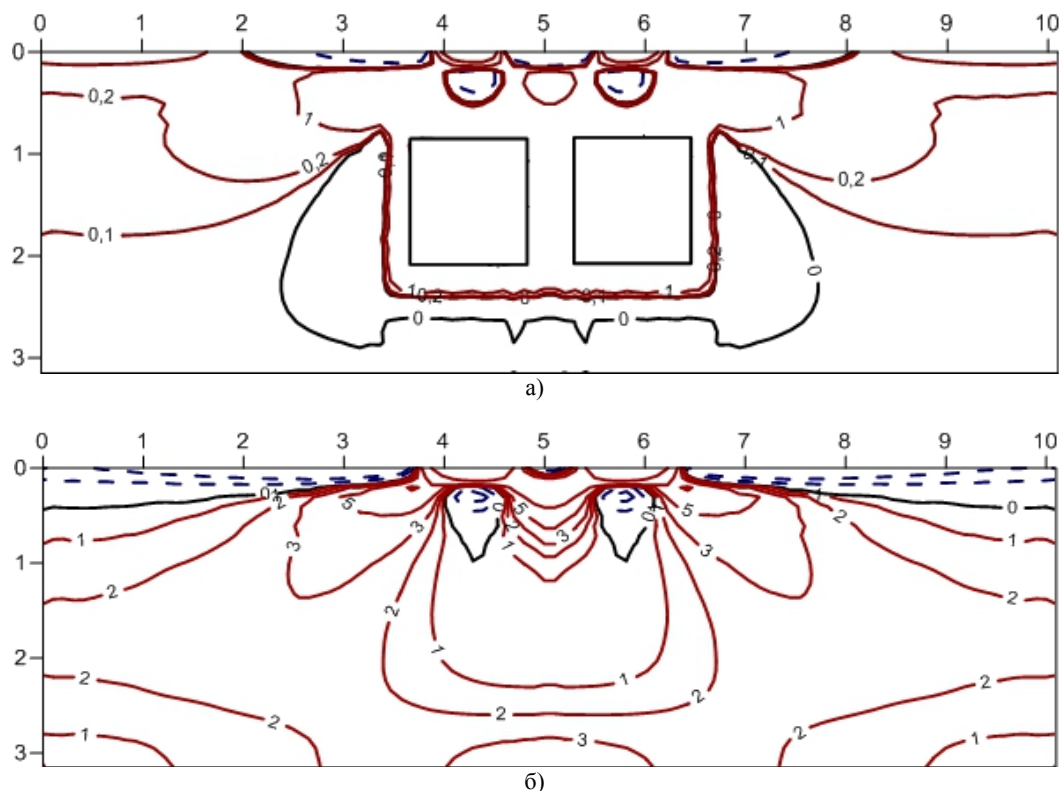


Рисунок 10 – Изолинии горизонтальных нормальных напряжений σ_x в дорожных конструкциях с подземным коллектором а) и без него б)

Совершенно другая картина наблюдается на характере распределения σ_y на глубинах, расположенных ниже коллектора (рисунки 14 и 15).

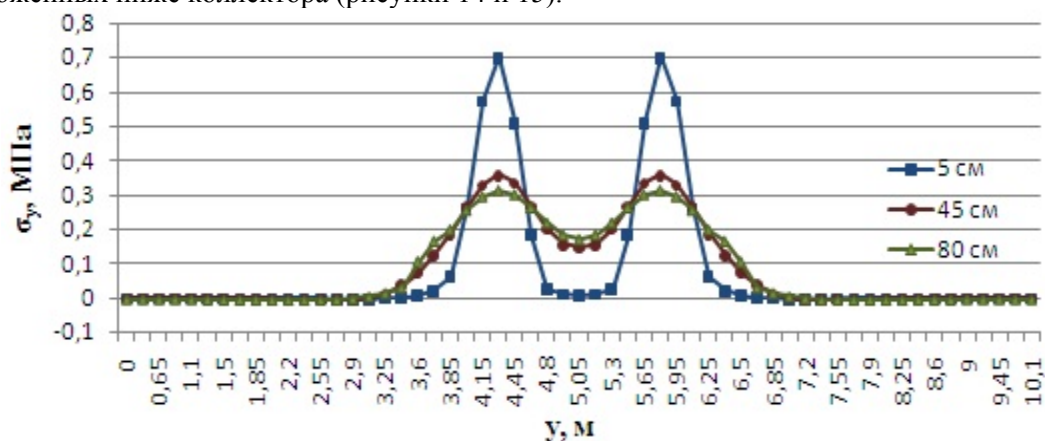


Рисунок 11 – Графики изменения нормальных напряжений σ_y в конструкции с коллектором в сечениях I-I, II-II и III-III ($h=5$ см, $h=45$ см и $h=80$ см)

Если в конструкции с коллектором в области, расположенной ниже его, графики распределения σ_y на всех вертикальных сечениях сливаются между собой и очень близки к нулю

(рисунок 15), то в конструкции без коллектора наблюдается совершенно иная картина. Здесь сжимающие напряжения σ_y растут с приближением к центру исследуемой области (рисунок 14). Причем для сечения V-V по-прежнему сохраняются anomalно высокие значения напряжения σ_y .

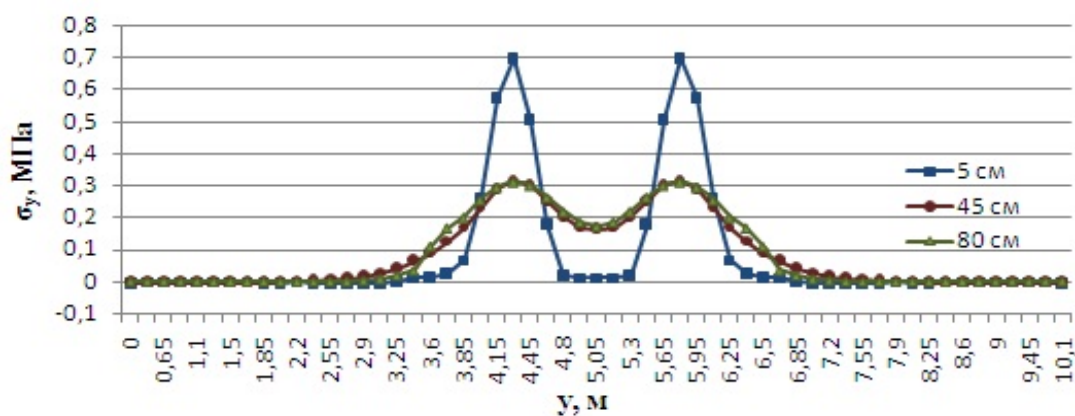


Рисунок 12 – Графики изменения нормальных напряжений σ_y в конструкции без коллектора в сечениях I-I, II-II и III-III ($h=5$ см, $h=45$ см и $h=80$ см)

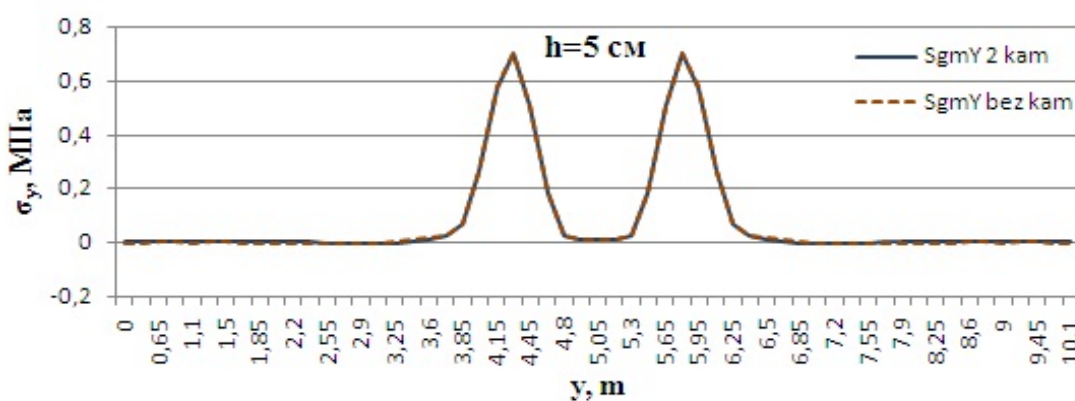


Рисунок 13 – Графики сравнения нормальных напряжений σ_y в конструкциях с коллектором и без него на поверхности покрытия ($h=0$ см)

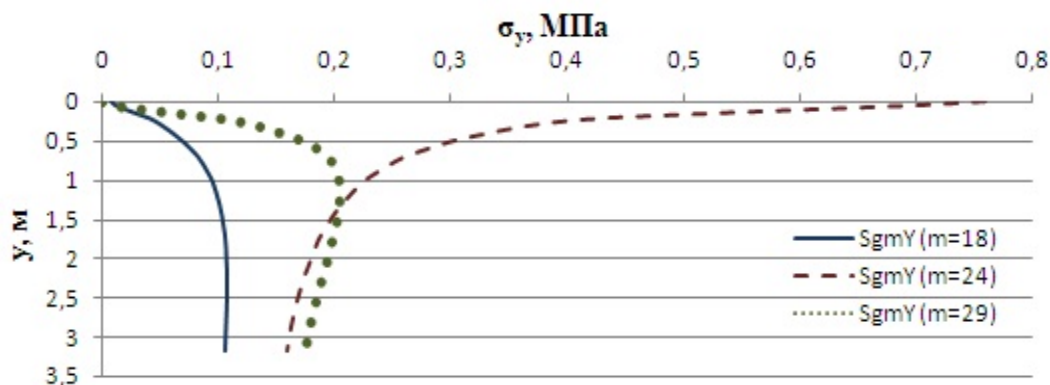


Рисунок 14 – Графики изменения нормальных напряжений σ_y в конструкции без коллектора в сечениях IV-IV, V-V и VI-VI



Рисунок 15 – Графики изменения нормальных напряжений σ_y в конструкции с коллектором в вертикальных сечениях IV-IV, V-V и VI-VI

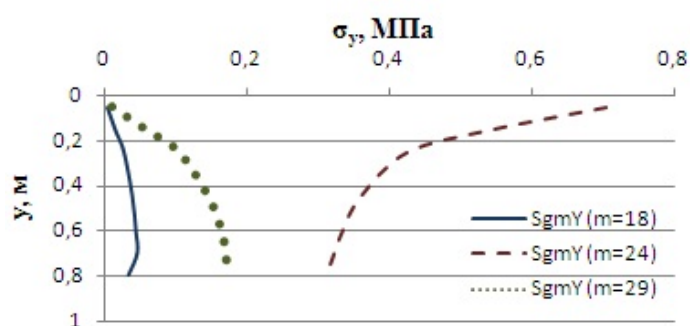


Рисунок 16 – Графики изменения нормальных напряжений σ_y в дорожной одежде в конструкции с коллектором в вертикальных сечениях IV-IV, V-V и VI-VI

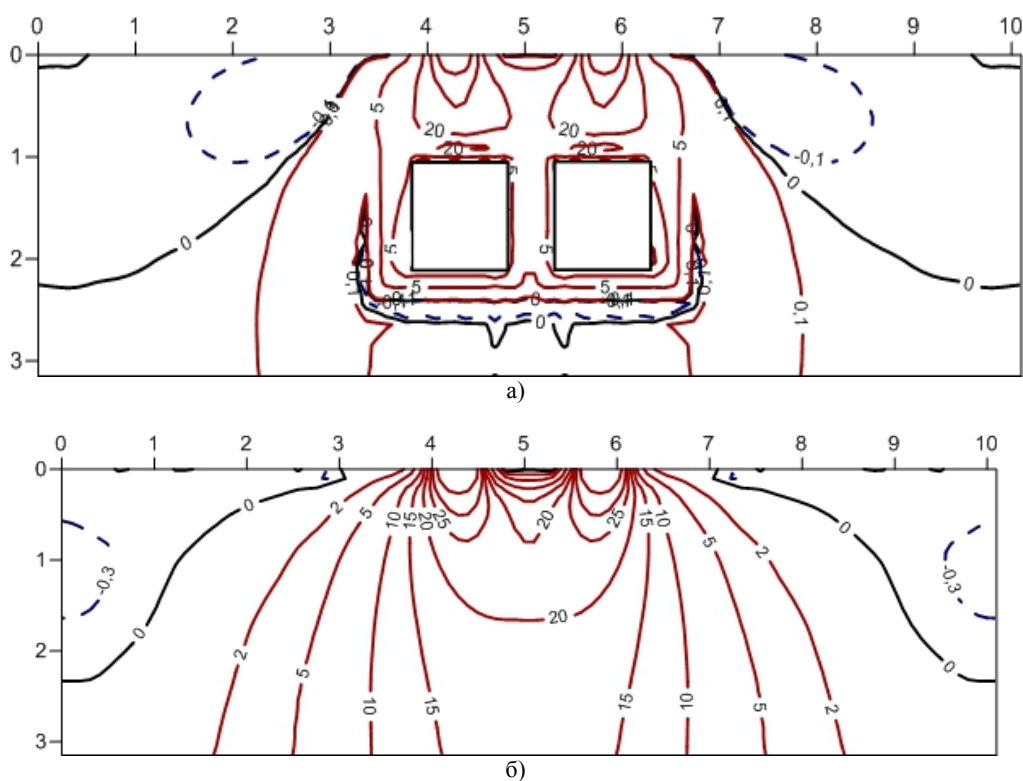


Рисунок 17 – Изолинии вертикальных нормальных напряжений σ_y в дорожных конструкциях с подземным коллектором а) и без него б)

Все вышесказанное подтверждается результатами картин изолиний нормальных вертикальных напряжений σ_y , приведенных на рисунке 17. Здесь значения σ_y также приведены в 100 кратно увеличенном виде.

Что касается закономерностей распределения касательных напряжений τ_{xy} , то влияние подземного железобетонного коллектора на распределение напряжений τ_{xy} характеризуется теми же особенностями, что и для напряжений σ_y .

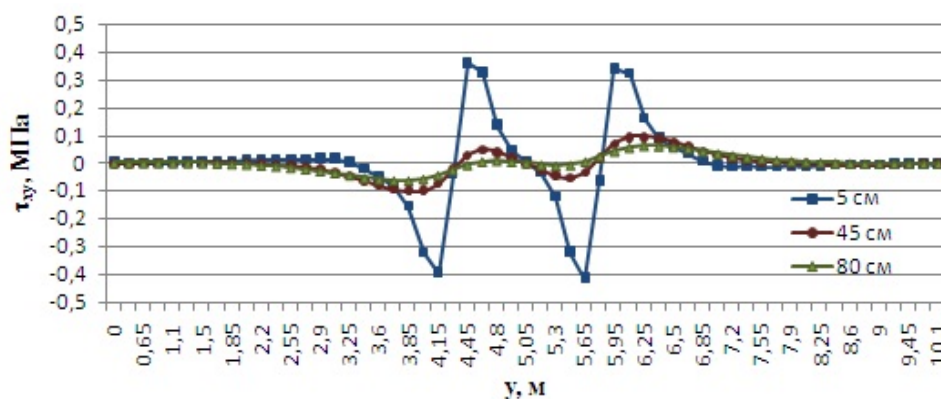


Рисунок 18 – Графики изменения касательных напряжений τ_{xy} в конструкции без коллектора в сечениях I-I, II-II и III-III ($h=5$ см, $h=45$ см и $h=80$ см)

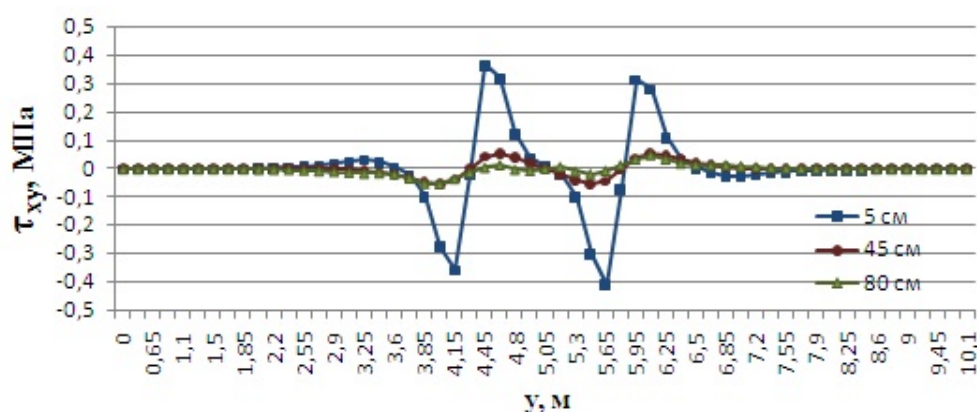


Рисунок 19 – Графики изменения касательных напряжений τ_{xy} в конструкции с коллектором в сечениях I-I, II-II и III-III ($h=5$ см, $h=45$ см и $h=80$ см)

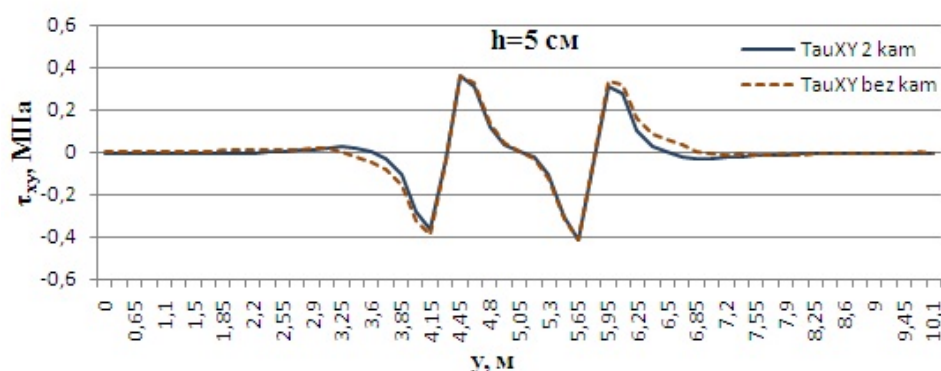


Рисунок 20 – Графики сравнения касательных напряжений τ_{xy} в конструкциях с коллектором и без него на поверхности покрытия ($h=0$ см)

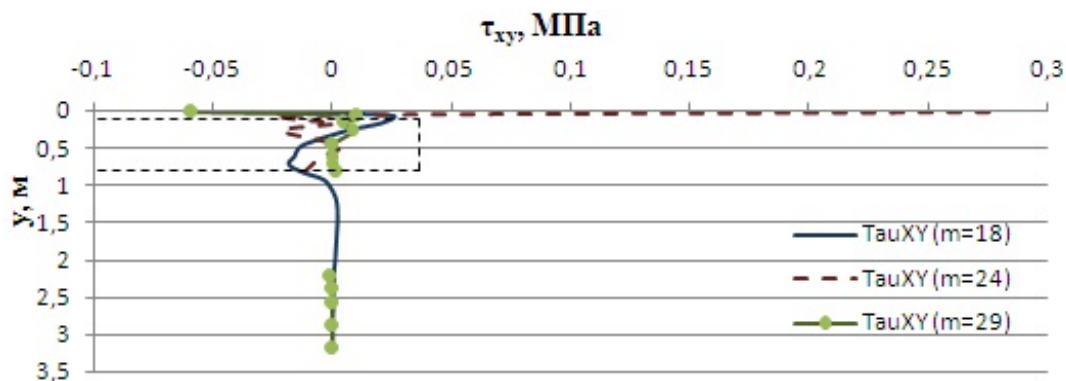


Рисунок 21 – Графики изменения касательных напряжений τ_{xy} в конструкции с коллектором в вертикальных сечениях IV-IV, V-V и VI-VI

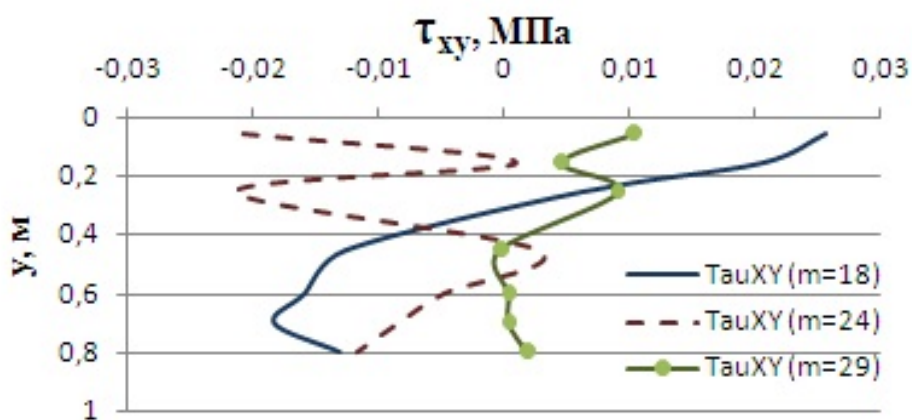


Рисунок 22 – Графики изменения касательных напряжений τ_{xy} в дорожной одежде в конструкции с коллектором в вертикальных сечениях IV-IV, V-V и VI-VI

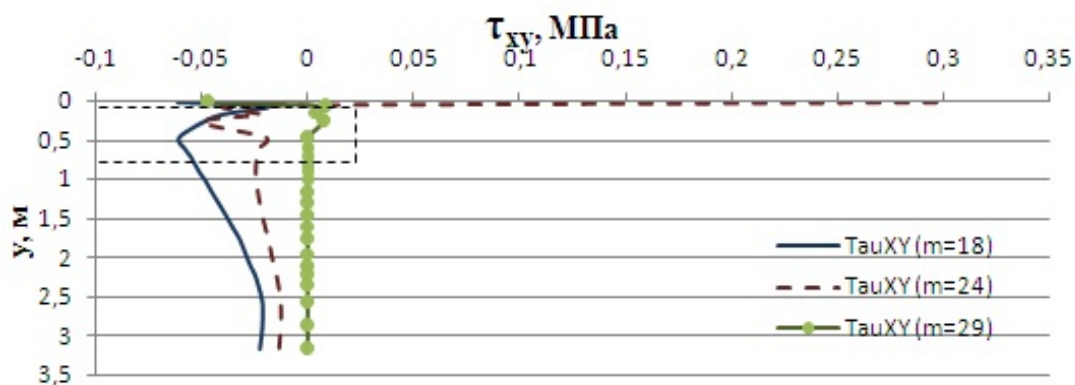


Рисунок 23 – Графики изменения касательных напряжений τ_{xy} в конструкции без коллектора в вертикальных сечениях IV-IV, V-V и VI-VI

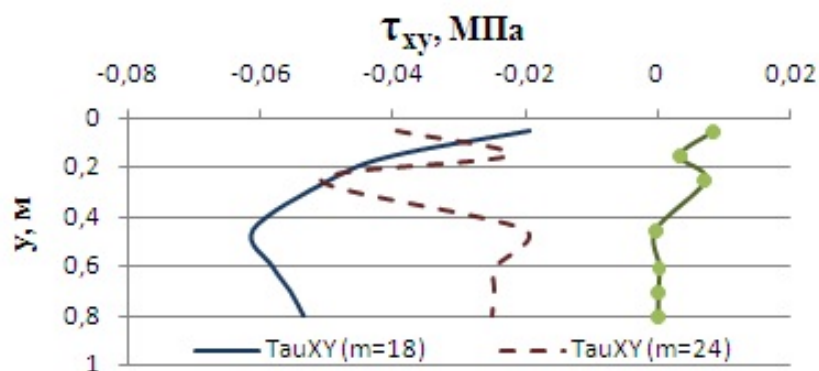


Рисунок 24 – Графики изменения касательных напряжений τ_{xy} в дорожной одежде в конструкции без коллектора в вертикальных сечениях IV-IV, V-V и VI-VI

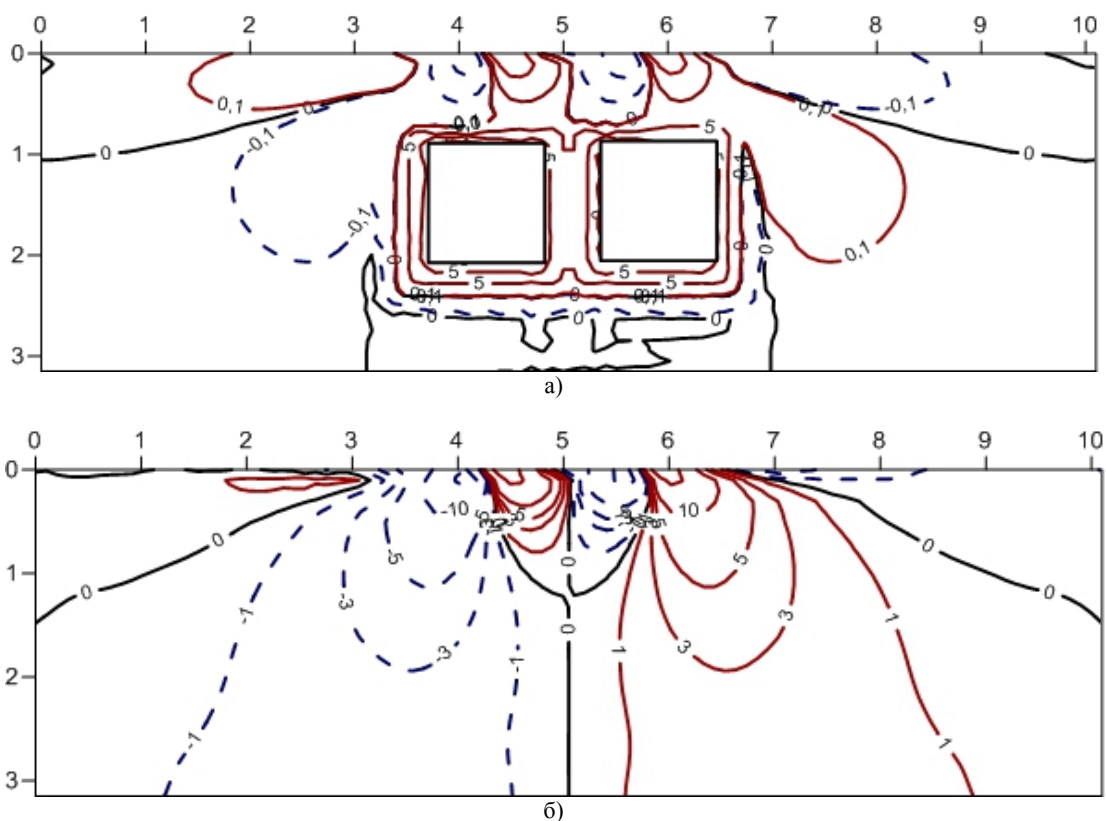


Рисунок 25 – Изолинии касательных напряжений τ_{xy} в дорожных конструкциях с подземными коллекторами а) и без них б)

Одного взгляда на картины изолиний касательных напряжений τ_{xy} достаточно (рисунок 25), что присутствие подземного железобетонного коллектора в городской дорожной конструкции резко усложняет напряженное состояние в ней.

5 Заключение

На основе полученных в настоящей работе результатов исследования можно сделать следующие выводы:

- при наличии подземного железобетонного коллектора под действием транспортной нагрузки поверхность дорожного покрытия дает меньшую осадку, чем в случае отсутствия коллектора. Такая картина деформирования объясняется уменьшением общей высоты деформируемого слоя, заключенного между жесткой поверхностью коллектора и поверхностью покрытия;

- экранирующий эффект железобетонного коллектора на картину распределения горизонтального нормального напряжения σ_x в верхней части дорожной конструкции (дорожная одежда + земляное полотно) проявляется в виде заметного уменьшения их величины (рисунок 7);

- на распределение вертикального нормального напряжения σ_y в верхней части дорожной конструкции подземный коллектор заметного влияния не оказывает;

- что касается области, расположенной непосредственно под коллектором, то здесь наблюдается обратная картина. Картины распределения горизонтального нормального напряжения σ_x в указанной области при наличии коллектора и без него практически совпадают, в то время как сильное влияние коллектора наблюдается на картине распределения вертикального нормального напряжения σ_y . Здесь жесткий железобетонный коллектор играет роль штампа и равномерно распределяет по всей своей ширине вертикальные нагрузки от автомобильных колес;

- влияние коллектора на распределение касательного напряжения τ_{xy} лучше всего проанализировать на картинах их изолиний. В верхней части дорожной конструкции особого его влияния не наблюдается. Что касается остальной части исследуемой области, наличие подземного коллектора сильно усложняет картину их распределения: вместо двух областей концентрации напряжения τ_{xy} в случае отсутствия коллектора, в данном случае наблюдается появление новых областей концентрации напряжения вблизи угловых точек коллектора.

Таким образом, выполненный в настоящей работе сравнительный анализ напряженно-деформированного состояния дорожной конструкции показал, что наличие подземного коллектора оказывает существенное влияние и нельзя при расчете конструкций дорожных одежд городских дорог с подземным коллектором пользоваться методикой расчета для автомобильных дорог общего пользования.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Телтаев Б.Б., Айтбаев К.А., Джумагельдиев К.С. О взаимодействии жесткой одежды городских дорог с элементами подземных коммуникаций /Сборник научных трудов КазАТК. "Прочность материалов и конструкций на транспорте". Алматы: КазАТК., 1996. Том III. С. 118-122.

[2] Телтаев Б.Б., Айтбаев К.А. Оценка влияния формы подземного коллектора на прочность основания автомобильных дорог /Сборник научных трудов КАСИ "Проблемы проектирования, строительства и эксплуатации горных дорог". Выпуск 5. Бишкек: - КАСИ, 1997. С.81-89.

[3] Teltayev B.B., Aitbaev K.A., Idrissov D.A., Kudereev N.K. Analysis of interaction of autoroads ground basis with concrete collector/Proceeding of 4th International Congress on advances in Civil Engineering ACE 2000/Cazimagusa /Turkish Republic of northern Cyprus/1-3 November 2000.

[4] Tileu K., Teltayev B. Stress strain behavior of urban road with underground communication structure. Challenges and Innovations in Geotechnics – Zhussupbekov (Ed.). 2016. Taylor & Francis Group, London, p. 115-118.

[5] Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. М: Мир, 1979. – 392 с.

[6] Тимошенко С.П., Гудьер Дж. (1975). *Теория упругости (перевод с англ.)*, Москва: Главная редакция физико-математической литературы издательства "Наука", стр. 576.

REFERENCES

[1] Teltayev B. B., Aitbayev K.A., Dzhumageldiyev K. S. On the interaction of flexible pavement for urban roads with elements of underground communications /Proceedings of KazATC. "Strength of materials and structures in transport. Almaty: KazATC, 1996. Volume III. P. 118-122. (in Russ.).

[2] Teltayev B. B., Aitbayev K. A. Evaluation of impact for underground collector shape on the strength of highway base /Proceedings KASI "Problems of design, construction and maintenance mountainous roads". Issue 5. Bishkek: KASI, 1997. P. 81-89. (in Russ.).

- [3] Teltayev B.B., Aitbayev K.A., Idrissov D.A., Kudereev N.K. Analysis of interaction of autoroads ground basis with concrete collector/Proceeding of 4th International Congress on advances in Civil Engineering ACE 2000/Cazimagusa /Turkish Republic of northern Cyprus/1-3 November 2000. (in Eng.).
- [4] Tileu K., Teltayev B. Stress strain behavior of urban road with underground communication structure. Challenges and Innovations in Geotechnics – Zhussupbekov (Ed.). 2016. Taylor & Francis Group, London, p. 115-118. (in Eng.).
- [5] Segerlind L. Application of the finite element method. – М.: Mir, 1979. – 392 p. (in Russ.).
- [6] Timoshenko S. P., Goodier J. (1975). Theory of elasticity (translated from eng.), Moscow: the Main edition of physics-mathematical literature publishing house "Nauka", p. 576. (in Russ.).

Б. Б.Телтаев¹, Қ.А.Айтбаев², С.А. Аблалиев³

^{1,2}Қазақстан жол ғылыми зерттеу институты, Нурпейсов 2А, Алматы, Қазақстан Республикасы, ³Автомобиль жолдары комитеті, Инвестициялар мен даму министрлігі, Кабанбай батыр 32/1, Астана, Қазақстан Республикасы

ЖОЛ ҚҰРЫЛЫМЫНЫҢ КЕРНЕУЛІ-ДЕФОРМАЦИЯЛЫҚ КҮЙІНЕ ЖЕРАСТЫ КОЛЛЕКТОРЫНЫҢ ӘСЕРІ

Аннотация: Мақалада серпімділік теориясының көпқабатты жол құрылымына қатысты жазық есебін шектік элементтер әдісімен шешудің нәтижелері келтірілген. Жол құрылымында көлік салмағынан пайда болатын кернеулі-деформациялық күй жол жамылғысының топырақтық негізінде орналасқан жерасты темірбетон қатаң коллектордың әсерінен күрделене береді. Автомобиль жолдары құрылымдарында жерасты темірбетон коллектор болған кез бен коллектор жоқ кезде пайда болатын жылжулар векторы мен кернеулер тензорын салыстыру нәтижелері графикалық түрде берілген. Алынған нәтижелердің сараптамасы келтірілген.

Тірек сөздер: жол төсемесі, жерасты темірбетон коллектор, серпімділік теориясының жазық есебі, шектік элементтер әдісі, жылжулар, деформациялар, кернеулер.

Сведения об авторах:

Телтаев Багдат Бурханбайұлы – доктор технических наук, профессор, президент АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт»;

Айтбаев Кобланбек Айтбаевич - кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт»;

Аблалиев Сатжан Айтенович - кандидат технических наук, заместитель председателя Комитета автомобильных дорог Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан.

МАЗМҰНЫ

Астрофизика

Шукиргалиев Б.Т., Панамарев Т.П., Наурзбаева А.Ж., Қаламбай М.Т., Макуков М.А., Вильковиский Э.Я., Омаров Ч.Т., Берцик П.П., Юст А., Шпурцем Р. Аккрециялық газды диск пішінінің аккрецияланушы жұлдыздардың орбиталық сипаттамасына әсері.....	5
Жантаев Ж.Ш., Куратов К.С., Сейтимбетов А.М., Майлыбаев А.Т., Алимгазинова Н.Ш., Манапбаева А.Б., Куратова А.К., Изтлеуов Н.Т. Екі матрицалы фотометрдің басқару жүйесі.....	14

Физика

Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Мухамеджанов Е.С., Алимов Д.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н. 50 және 65 Мэв энергиядағы альфа-бөлшектердің ¹¹ вядроларында шашырау құбылыстарын зерттеу.....	20
Омар Ж.О., Такибаев Н.Ж., Құрманғалиева В.О. Нейтронды жұлдыздардың кристалдық торларындағы фонон-фононды әсерлесулер.....	26

Химия

Полещук О.Х., Фатеев А.В., Адырбекова Г.М., Ермаханов М.Н., Саудахметов П.А. Тығыздық функционал теориясының әдістерімен металоцендердегі химиялық байланыстың талдауы.....	34
Малышев В.П., Зубрина Ю.С., Макашева А.М. Материалдардың бүлінуі кезіндегі механикалық және жылулық энергияның өзара байланысы.....	42

Жер туралы ғылымдар

Бітімбаев М.Ж., Морозов Ю.П., Хамидулин И.Х. Жабық ұсақтау циклда алтынның жиналуының заңдылығын зерттеу.....	50
Бітімбаев М.Ж., Шемякин В.С., Скопов С.В. Қазақстанның мыс және мыс-мырышты кендерін рентгенорадиометриялық байыту.....	55
Ниценко А.В., Требухов С.А., Қасымжанова А.К., Шендяпин А.С. Төмендетілген қысым кезіндегі мышьяқтың диффузия коэффициентін анықтау.....	63

Әлеуметтік ғылымдар

Курманов Н.А., Рахимбекова А.Е., Бактымбет А.С., Махатова А.Б. Қазақстан республикасындағы кіші және орта бизнестің инновациялық қызметінің дамуы.....	70
Кольбаев М.К., Нурлихина Г.Б., Турабаев Г.К. Шағын инновациялық кәсіпкерлікті венчурлық қаржыландыру.....	80

* * *

Астрофизика

Шукиргалиев Б.Т., Панамарев Т.П., Наурзбаева А.Ж., Қаламбай М.Т., Берцик П.П., Юст А., Шпурцем Р., Макуков М.А., Вильковиский Э.Я., Омаров Ч.Т. аккрециялық газды диск пішінінің аккрецияланушы жұлдыздардың орбиталық сипаттамасына әсері.....	87
Жантаев Ж.Ш., Куратов К.С., Сейтимбетов А.М., Майлыбаев А.Т., Алимгазинова Н.Ш., Манапбаева А.Б., Куратова А.К., Изтлеуов Н.Т. Екі матрицалы фотометрдің басқару жүйесі.....	96

Физика

Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Мухамеджанов Е.С., Алимов Д.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н. 50 және 65 Мэв энергиядағы альфа-бөлшектердің ¹¹ вядроларында шашырау құбылыстарын зерттеу.....	102
Боос Э.Г., Темірәлиев Т., Избасаров М., Самойлов В.В., Федосимова А.И. Импульсі 22,4 ГэВ/С антипротон-протондық аннигиляцияда және протон мен антипротонның зарядынан айырылу реакциясында оқиға құрылымын талдау.....	108
Бетекбаев А. А., Калыгулов Д. А., Скаков Д. М., Мукашев Б. Н. Күн энергиясының фотоэлектрлік түрлендірілуі: KAZPV жобасының жағдайы мен қолдану келешектері.....	113

Техникалық ғылымдар

Бакранова Д.И., Кукушкин С.А., Бейсембетов И.К., Осипов А.В., Нусупов К.Х., Бейсенханов Н.Б., Кенжалиев Б.К., Мить К.А. Атомдардың орнын басу әдісімен синтезделген эпитаксиалды SiC қабыршақтарының құрылымы.....	118
Мусабеков Н.Р., Ибраев А. Х., Адильбеков М. Ж. Жылуалмасу процестерін басқару мысалындағы технологиялық процесті басқарудың гибридік жүйесін әзірлеу туралы мәселелер.....	125
Дайрабай Д.Д., Голубев В.Г., Балабеков О.С., Бренер А.М. Нуклеаттардың жоғары концентрациясы жағдайларында кластерлік дисперсиялар түзілуінің ерекшеліктері.....	132
Генбач А.А., Джаманкулова Н.О. Жылу энергетикалық қондырғылардың капиллярлық-кеуектік жаңа класты салқындату жүйелеріндегі жылумассаалмасуды зерттеу.....	139
Машеков С.А., Абсадыков Б.Н., Алимкулов М.М. ТМД елдерінде рельстерді қолдану тәжірибесі және оның мемлекетаралық стандартты өндіру үшін қолдануы.....	146
Телтаев Б. Б., Айтбаев Қ.А., Аблалиев С.А. Жол құрылымының кернеулі-деформациялық күйіне жерасты коллекторының әсері.....	162
Бахтаев Ш.А., Бочкарева Г.В., Мусатирова Г.Д., Авхадиева Ф.Р. Тәжделуші электрод бетінің қисықтық радиусын анықтау тәсілі.....	173

Механика

Жолдасбеков С.Ө., Ибраев С.М., Сакенова А.М., Иманбаева Н.С., Нұрмағанбетова А.Т. Жүк көтергіш иінтіректі механизмді Арм winmachine компьютерлік жүйесі көмегімен жобалау.....	180
--	-----

Химия

Фазылов С.Д., Животова Т.С., Нүркенев О.А., Абдыкалыков М.А., Сатпаева Ж.Б., Мұқашев А.Б., Жақыпова А.Н., Молдахметов М.З. Көмір қалдықтары мен көмір қоқыстары негізінде брикетті отын алудың тиімді көрсеткіштерін жасау.....	186
Малышев В.П., Зубрина Ю.С., Макашева А.М. Материалдардың бүлінуі кезіндегі механикалық және жылулық энергияның өзара байланысы.....	193
Айдарова С.Б., Тлеуова А.Б., Исаева А., Шарипова А.А., Григорьев Д.О., Миллер Р. Гидрофобты агенттерді инкапсуляциялауда пикеринг эмульсиясын қолдану.....	200
Мамырбекова А., Баешов А.Б., Мамырбекова А. Әр түрлі орталарда стационарлы емес токпен поляризациялау кезіндегі күкірттің электрохимиялық қасиеті.....	209
Конурбаев А.Е., Баешов А.Б. Композициялы күкірт- графит электродын қолдану арқылы мырыш сульфидін электрохимиялық жолмен алу.....	214
Баешов А.Б., Конурбаев А.Е., Адайбекова А.А., Баешова А.К. Совместное восстановление ионов цинка и сульфит-ионов на в стеклографитовом электроде.....	222

Жер туралы ғылымдар

Бітімбаев М.Ж., Морозов Ю.П., Хамидулин И.Х. Жабық ұсақтау циклда алтынның жиналуының заңдылығын зерттеу	231
Ниценко А.В., Требухов С.А., Қасымжанова А.К., Шендяпин А.С. Төмендетілген қысым кезіндегі мышьяқтың диффузия коэффициентін анықтау.....	245
Метакса Г.П., Буктуков Н.С. Йеллоустон Жанартауы. Ғылыми аңыз бен шындық.....	252

Медицина

Рахимов Қ.Д., Адекенов С.М. Дәріге тұрақты метастаздардың өсуіне жаңа табиғи препараттардың цитостатиктермен біріктірген кездегі фармакологиялық әсері.....	257
Рахимов Қ.Д. Клиникаға дейінгі зерттеулерде дәрілерге тұрақты метастаздардың пайда болуын анықтау.....	262

Аграрлық ғылым

Аубакиров Х.А., Баймуханов Д.А., Рахманов С.С. Жамбыл облысы «Балпыш-Сейсенбай» шаруа қожалығында өсірілетін жылқы популяциясындағы түстердің таралу ерекшеліктері.....	268
Асембаева Э.Қ., Сейдахметова З.Ж., Велямов Т.М., Лесова Ж.Т., Нурмуханбетова Д.Е. Функционалдық тағамдық өнімдер. Түйе сүтінен алынатын сүтқышқылды өнімдер.....	275

Қоғамдық ғылымдар

Пилипчук Я.В. XVII–XVIIIғғ. Моғолстан және ұйғыр мемлекеттерінің құлауы.....	285
Есенбекова А.Б. Экономиканың тұрақты дамуы мәселелері және оның климаттың ғаламдық өзгеруіне тәуелділігі жайлы.....	302
Жакипов Б. М. Шет елдердегі көрме қызметінің даму үрдістерін талдау.....	309
Насимов М. Ө. Саяси менеджмент: түсінігі, құрылымы және негізгі түрлері.....	316
Панзабекова А.Ж., Турабаев Г.К. Экономиканың нақты секторындағы еңбекті ынталандыру: қағидалары мен әдістері.....	324
Сейтахметова Н.Л., Жандосова Ш.М., Смағұлов Қ.Е. Діни экстремизм мәселесінің саясаттанулық қыры.....	332

СОДЕРЖАНИЕ

Астрофизика

Шукиргалиев Б.Т., Панамарев Т.П., Наурзбаева А.Ж., Қаламбай М.Т., Макуков М.А., Вильковский Э.Я., Омаров Ч.Т., Берцик П.П., Юст А., Шпурцем Р. Влияние профиля аккреционного газового диска на орбитальные параметры аккрецируемых звезд.....	5
Жантаев Ж.Ш., Куратов К.С., Сейтимбетов А.М., Майлыбаев А.Т., Алимгазинова Н.Ш., Манапбаева А.Б., Куратова А.К., Изтлеуов Н.Т. Система управления двухматричным фотометром.....	14

Физика

Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Мухамеджанов Е.С., Алимов Д.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н. Исследование процессов рассеяния альфа-частиц на ядрах ^{11}B при энергиях 50 и 65 Мэв.....	20
Омар Ж.О., Такибаев Н.Ж., Құрманғалиева В.О. Фонон-фононное взаимодействие в кристаллических решетках нейтронных звезд.....	26

Химия

Полещук О. Х., Фатеев А. В., Адырбекова Г.М., Ермаханов М.Н., Саидахметов П.А. Анализ химической связи в металлоценах методами теории функционала плотности.....	34
Малышев В.П., Зубрина Ю.С., Макашева А.М. Взаимосвязь тепловой и механической энергии при разрушении материалов.....	42

Жер туралы ғылым

Битимбаев М.Ж., Морозов Ю.П., Хамидулин И.Х. Исследование закономерности накопления золота в замкнутых циклах измельчения.....	50
Битимбаев М.Ж., Шемякин В.С., Скопов С.В. Рентгенорадиометрическое обогащение медных и медно-цинковых руд Казахстана.....	55
Ниценко А. В., Требухов С. А., Касымжанова А. К., Шендятин А. С. Определение коэффициента диффузии мышьяка при пониженном давлении.....	63

Социальные науки

Курманов Н.А., Рахимбекова А.Е., Бактымбет А.С., Махатова А.Б. Развитие инновационной деятельности предприятий малого и среднего бизнеса в Казахстане.....	70
Kolbayev M. K., Нурлихина Г.Б., Турабаев Г.К. Венчурное финансирование малого инновационного предпринимательства.....	80

* * *

Астрофизика

Шукиргалиев Б.Т., Панамарев Т.П., Наурзбаева А.Ж., Қаламбай М.Т., Берцик П.П., Юст А., Шпурцем Р., Макуков М.А., Вильковский Э.Я., Омаров Ч.Т. Влияние профиля аккреционного газового диска на орбитальные параметры аккрецируемых звезд.....	87
Жантаев Ж.Ш., Куратов К.С., Сейтимбетов А.М., Майлыбаев А.Т., Алимгазинова Н.Ш., Манапбаева А.Б., Куратова А.К., Изтлеуов Н.Т. Система управления двухматричным фотометром.....	96

Физика

Буртебаев Н., Керимкулов Ж.К., Мухамеджанов Е.С., Алимов Д.К., Демьянова А.С., Данилов А.Н. Исследование процессов рассеяния альфа-частиц на ядрах ^{11}B при энергиях 50 и 65 Мэв.....	102
Боос Э.Г., Темиралиев Т., Избасаров М., Самойлов В.В., Федосимова А.И. Анализ структуры событий в антипротон - протонной аннигиляции и реакции перезарядки протона и антипротона при импульсе 22,4 ГэВ/с.....	108
Бетекбаев А. А., Калыгулов Д. А., Скаков Д. М., Мукашев Б. Н. Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии: состояние и перспективы использования проекта KAZPV.....	113

Технические науки

Бакранова Д.И., Кукушкин С.А., Бейсембетов И.К., Осипов А.В., Нусупов К.Х., Бейсенханов Н.Б., Кенжалиев Б.К., Мить К.А. Структура эпитаксиальных пленок SiC, синтезированных методом замещения атомов.....	118
Мусабеков Н.Р., Ибраев А.Х., Адильбеков М. Ж. О вопросах разработки гибридной системы управления технологическим процессом на примере управления процессами теплообмена.....	125
Дайрабай Д.Д., Голубев В.Г., Балабеков О.С., Бренер А.М. Особенности образования кластерных дисперсий в условиях высокой концентрации нуклеатов.....	132
Генбач А.А., Джаманкулова Н.О. Исследование тепломассообмена в капиллярно-пористых системах охлаждения нового класса тепловых энергоустановок.....	139
Машеков С.А., Абсадыков Б.Н., Алимкулов М.М. Опыт применения рельсов в странах СНГ и использование его для разработки межгосударственного стандарта.....	146
Телтаев Б. Б., Айтбаев К.А., Абдалиев С.А. Влияние подземного коллектора на напряженно-деформированное состояние дорожной конструкции.....	162
Бахтаев Ш.А., Бочарева Г.В., Мусатирова Г.Д., Авхадиева Ф.Р. Способ определения радиуса кривизны поверхности коронирующего электрода.....	173

Механика

Джолдасбеков С.У., Ибраев С.М., Сакенова А.М., Иманбаева Н.С., Нурмаганбетова А.Т. Проектирование грузоподъемного рычажного механизма с помощью компьютерной системы Arm winmachine.....	180
--	-----

Химия

Фазылов С.Д., Животова Т.С., Нуркенов О.А., Сатпаева Ж.Б., Абдыкалыков М.А., Мукашев А.Б., Жакупова А.Н., Мулдахметов М.З. Разработка оптимальных параметров получения брикетного топлива на основе угольных отсеков и угольного шлама.....	186
Мамышев В.П., Зубрина Ю.С., Макашева А.М. Взаимосвязь тепловой и механической энергии при разрушении материалов.....	193
Айдарова С.Б., Тлеуова А.Б., Исаева А.Б., Шарипова А.А., Григорьев Д.О., Миллер Р. Применение эмульсии пикеринга для инкапсуляции гидрофобных агентов.....	200
Мамырбекова А., Баешов А.Б., Мамырбекова А. Электрохимическое поведение серы в различных средах при поляризации нестационарными токами.....	209
Конурбаев А.Е., Баешов А.Б. Электрохимический способ получения сульфида цинка с применением композиционного сера-графитового электрода.....	214
Баешов А.Б., Коңырбаев А.Е., Адайбекова А.А., Баешова А.К. Мырыш және сульфит иондарының шыныграфит электродында бірге тотықсыздануы.....	222

Науки о Земле

Битимбаев М.Ж., Морозов Ю.П., Хамидулин И.Х. Исследование закономерности накопления золота в замкнутых циклах измельчения.....	231
Ниценко А. В., Требухов С. А., Касымжанова А. К., Шендяпин А. С. Определение коэффициента диффузии мышьяка при пониженном давлении.....	245
Метакса Г.П., Буктуков Н.С. Вулкан Йеллоустон. Научные мифы и реальность.....	252

Медицина

Рахимов К.Д., Адекенов С.М. Фармакологическое влияние новых природных препаратов в комбинации с цитостатиками на рост лекарственно резистентных метастазов.....	257
Рахимов К.Д. Индуцирование лекарственной резистентности метастазов перевиваемых опухолей в условиях доклиники.....	262

Аграрные науки

Аубакиров Х.А., Баймуханов Д.А., Рахманов С.С. Особенности распространения мастей в популяции лошадей, разводимых в крестьянском хозяйстве «Бапыш-Сейсенбай» Жамбылской области.....	268
Асембаева Э.К., Сейдахметова З.Ж., Велямов Т.М., Лесова Ж.Т., Нурмуханбетова Д.Е. Функциональные пищевые продукты. Кисломолочные продукты из верблюжьего молока.....	275

Общественные науки

Пилипчук Я.В. Падение Моголистана и уйгурских государств в XVII-XVIII вв.....	285
Есенбекова А.Б. К проблеме устойчивого развития экономики и ее зависимости от глобального изменения климата.....	302
Жакипов Б. М. Анализ тенденций развития выставочной деятельности за рубежом.....	309
Насимов М.О. Политический менеджмент: понятие, структура и основные виды.....	316
Панзабекова А.Ж., Турабаев Г.К. Стимулирование труда в реальном секторе экономики: принципы и подходы.....	324
Сейтахметова Н.Л., Жандосова Ш.М., Смагулов К.Е. Политический аспект проблемы религиозного экстремизма.....	332

CONTENT

Astrophysics

- Shukirgaliyev B.T., Panamarev T.P., Naurzbaeva A.Zh., Kalambay M.T., Makukov M.A., Vilkoviskij E.Y., Omarov Ch.T., Berczik P.P., Just A., Spurzem R.* Effect of gas accretion disc profile on orbital parameters of the accreted stars... 5
- Zhantayev Zh.Sh., Kuratov K.S., Seytimbetov A.M., Mailybayev A.T., Alimgazinova N.Sh., Manapbayeva A.B., Kuratova A.K., Iztleuov N.T.* Two-matrix photometer control system..... 14

Physics

- Burtebayev N., Kerimkulov Zh.K., Mukhamejanov Y.S., Alimov D.K., Demyanova A.S., Danilov A.N.* Study of scattering of alpha particles from ^{11}B nuclei at 50 and 65 mev.....20
- Omar Zh., Takibayev N.Zh., Kurmangalieva V.O.* Phonon-phonon interaction in the crystal lattice of neutron star..... 26

Chemistry

- Poleshchuk O. Kh., Fateev A. V., Adyrbekova G.M., Ermakhanov M. N., Saidakhmetov P.A.* Analysis of the chemical bond in the metallocene using density functional theory.....34
- Malyshev V.P., Zubrina Y.S., Makasheva A.M.* Interconnection of heat and mechanical energy in the destruction of materials..... 42

Earth sciences

- Bitimbayev M.Z., Morozov Y.P., Khamidullin I.H.* Study of gold accumulation regularities in closed grinding cycles..... 50
- Bitimbayev M.Z., Shemyakin V.S., Skopov S.V.* X-ray radiometric enrichment of copper and copper zinc ores of Kazakhstan..... 55
- Nitsenko A. V., Trebukhov S. A., Kasymzhanova A. K., Shendyapin A. S.* Determination of arsenic diffusion coefficient under reduced pressure..... 63

Social sciences

- Kurmanov N., Rakhimbekova A., Baktymbet A., Makhatova A.* Development of innovative activity in small and medium enterprises in Kazakhstan..... 70
- Kolbayev M.K., Nyurlikhina G.B., Tyurabayev G.K.* Venture financing of small innovative entrepreneurship..... 80

* * *

Astrophysics

- Shukirgaliyev B.T., Panamarev T.P., Naurzbaeva A.Zh., Kalambay M.T., Berczik P.P., Just A., Spurzem R., Makukov M.A., Vilkoviskij E.Y., Omarov Ch.T.* Effect of gas accretion disc profile on orbital parameters of the accreted stars..... 87
- Zhantayev Zh.Sh., Kuratov K.S., Seytimbetov A.M., Mailybayev A.T., Alimgazinova N.Sh., Manapbayeva A.B., Kuratova A.K., Iztleuov N.T.* Two-matrix photometer control system..... 96

Physics

- Burtebayev N., Kerimkulov Zh.K., Mukhamejanov Y.S., Alimov D.K., Demyanova A.S., Danilov A.N.* Study of scattering of alpha particles from ^{11}B nuclei at 50 and 65 mev.....102
- Boos E.G., Temiraliyev T., Izbasarov M., Samoilov V.V., Fedosimova A.I.* Analysis of events structure in antiproton-Proton annihilation reaction and reaction of proton and antiproton recharging at 22.4 GeV/c..... 108
- Betekbayev A.A., Kalygulov D.A., Skakov D.M., Mukashev B.N.* Photovoltaic conversion of solar energy: state and perspectives of KAZPV project..... 113

Technical sciences

- Bakranova D.I., Kukushkin S.A., Beisembetov I.K., Osipov A.V., Nussupov K.Kh., Beisenkhanov N.B., Kenzhaliev B.K., Mit' K.A.* The structure of SiC epitaxial films, synthesized by substitution of atoms.....118
- Mussabekov N.R., Ibraev A.K., Adilbekov M.J.* On the issues of development the hybrid control system by technological process on the example of the control heat exchange processes.....125
- Dairabay D. D., Golubev V.G., Balabekov O.S., Brener A.M.* Peculiarities of formation of the cluster dispersions at a high concentration of nuclides..... 132
- Genbach A.A., Jamankulova N.O.* Study of heat and mass transfer in capillary-porous cooling systems of a new class of energy thermal installations.....139
- Mashekov S.A., Absadykov B.N., Alimkulov M.M.* Case history of tracks in CIS countries and their application in developing interstate standard 146
- Teltayev B.B., Aitbayev K.A., Ablaliev S.A.* Impact of underground collector on stress strain behaviour of pavement structure..... 162
- Bahtaev Sh.A., Bochkareva G.V., Musapirova G.D., Avhadieva F.R.* Method for determining the radius of curvature of the discharge electrodes surface..... 173

Mechanics

- Dzholdasbekov S.W., Ibraev S.M., Sakenova A.M., Imanbaeva N.S., Nurmaganbetova A.T.* Design of hoisting bar mechanism with *Apm winmachine* computer system..... 180

Chemistry

- Fazylov S.D., Zhivotova T.S., Nurkenov O.A., Abdykalykov M.A., Satpaeva Zh.B., Mukashev A.B., Zhakupova A.N., Muldakhmetov M.Z.* Development of optimal parameters for production of fuel briquettes on the basis of the coal screening leftovers and coal slurries.....186
- Malyshev V.P., Zubrina Y.S., Makasheva A.M.* Interconnection of heat and mechanical energy in the destruction of materials 193

<i>Aidarova S., Tleuova A., Issayeva A., Sharipova A., Grigoriev D., Miller R.</i> Application of the pickering emulsion for encapsulation of hydrophobic agents.....	200
<i>Mamyrbekova A., Bayeshov A.B., Mamyrbekova A.</i> Electrochemical behaviour of sulphur in various environments at polarization by non-stationary currents.....	209
<i>Konurbaev A.E., Baeshov A.B.</i> Electrochemical method for producing of zinc sulphide by using sulfur- graphite composite electrode.....	214
<i>Baeshov A.B., Konurbaev A.E., Adaybekova A.A., Baeshova A.K.</i> Joint restoration of zinc and sulfite ions on glass graphite electrodes.....	222
Earth Sciences	
<i>Bitimbayev M.Z., Morozov Y.P., Khamidullin I.H.</i> Study of gold accumulation regularities in closed grinding cycles....	231
<i>Nitsenko A. V., Trebukhov S. A., Kasymzhanova A. K., Shendyapin A. S.</i> Determination of arsenic diffusion coefficient under reduced pressure.....	245
<i>Metaksa G.P., Buktukov N.S.</i> Yellowstone volcano. Scientific myths and reality.....	252
Medicine	
<i>Rakhimov K.D., Adekenov S.M.</i> Pharmacological effect of new natural drugs in combination with cytostatics on the growth of drug-resistant metastases.....	257
<i>Rakhimov K.D.</i> The induction of drug resistance metastasis of transplantable tumors in preclinical conditions.....	262
Agricultural sciences	
<i>Aubakirov Kh.A., Baimukhanov D.A., Rachmanov S.S.</i> Peculiarities of color types dispersion in population of horses bred at the farm «Bapysh-Seisenbay» IN Zhambyl region.....	268
<i>Asembaeva E.K., Seydakhmetova Z.Zh., Velyamov T.M., Lesova Zh.T., Nurmuhanbetova D.E.</i> Functional foods. Fermented dairy products from camel milk.....	275
Social Sciences	
<i>Pylycpuk Ya.V.</i> Fall of Mogolistan and Uighur states in XVII-XVIII centuries.....	285
<i>Esenbekova A.B.</i> To the problems of the sustainable development of the economy and its dependence on global climate change.....	302
<i>Zhakupov B.</i> Analysis of trends exhibition activities abroad.....	309
<i>Nassimov M.O.</i> Political management: concept, structure and main types.....	316
<i>Panzabekov A.Zh., Tyurabayev G.K.</i> Stimulation of labor in the real sector of the economy: principles and approaches..	324
<i>Seitakhmetova N.L., Zhandossova Sh.M., Smagulov K.E.</i> Political aspect of problem of religious extremism	
<i>Seitakhmetova N.L., Zhandossova Sh.M., Smagulov K.E.</i> Political aspect of problem of religious extremism.....	332

**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 work described 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 originality detection service Cross Check <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

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

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

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т.А. Апендиев*
Верстка на компьютере *А.М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 10.10.2016.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
п.л. Тираж 2000. Заказ 5.

Национальная академия наук РК
050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-18, 272-13-19