

Радиоэлектроника және байланыс әскери-инженерлік институтының
ҒЫЛЫМИ ЕҢБЕКТЕРІ

Әскери ғылыми-техникалық журнал

№ 1 (47), (наурыз) 2022 ж.
тоқсан сайын



НАУЧНЫЕ ТРУДЫ

Военно-инженерного института радиоэлектроники и связи

Военный научно-технический журнал

№ 1 (47), (март) 2022 г.
ежеквартально

Журнал 2010 жылдан шыға бастады

Журнал основан в 2010 году

Меншік иесі: Қазақстан Республикасы
Қорғаныс министрлігінің
«Радиоэлектроника және байланыс әскери-
инженерлік институты» мемлекеттік
мекемесі.

Собственник: Республиканское
государственное учреждение «Военно-
инженерный институт радиоэлектроники и
связи» Министерства обороны Республики
Казахстан.

Қазақстан Республикасының
Мәдениет және ақпарат министрлігімен
бұқаралық ақпарат құралын есепке қою
туралы 2010 жылғы 14 сәуірдегі № 10815-
Ж куәлігі берілген.

Свидетельство о постановке на учет
средства массовой информации от 14
апреля 2010 года № 10815-Ж, выданное
Министерством культуры и информации
Республики Казахстан.

Қазақстан Республикасы Білім және
ғылым министрлігі Білім және ғылым
саласындағы бақылау комитетінің 2019
жылғы 2 қазандағы № 689 бұйрығымен
«РЭЖБЭИИ Ғылыми еңбектері» журналы
ғылыми қызметтің негізгі нәтижелерін
жариялау үшін комитет ұсынатын баспалар
тізбесіне қосылды.

Приказом Комитета по контролю в
сфере образования и науки Министерства
образования и науки Республики Казахстан
от 2 октября 2019 года № 689 журнал
«Научные труды ВИИРЭиС» включен в
перечень изданий, рекомендованных
Комитетом для публикации основных
результатов научной деятельности.

БАС РЕДАКТОР

Исмагулова Нургуль Сайдуллаевна

филология ғылымдарының кандидаты, қауымд.проф.,
Радиоэлектроника және байланыс әскери-инженерлік
институты ғылыми-зерттеу бөлімінің бастығы, майор

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА

Сеитов И.А. – техника ғылымдарының кандидаты, әскери ғылымдардың профессоры, запастағы полковник.

Ботин Д.М. – PhD, әлеуметтік-гуманитарлық пәндер кафедрасының аға оқытушысы, подполковник.

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА МҮШЕЛЕРІ

Шлейко М.Е. – әскери ғылымдардың докторы, профессор, РФ Әскери ғылым академиясының корреспондент-мүшесі, Радиоэлектроника және байланыс әскери-инженерлік институты ЗЗЭ бірарналы жүйелері кафедрасының доценті, отставкадағы полковник.

Грузин В.В. – техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР Әскери ғылым академиясының толық мүшесі, Тұңғыш Президент атындағы Ұлттық қорғаныс университеті.

Атыханов А.К. – техника ғылымдарының докторы, профессор, Қазақ Ұлттық аграрлық университетінің профессоры.

Караиванов Д.П. – PhD, химия, технология және металлургия университетінің доценті, София, Болгария Республикасы.

Лисейчиков Н.И. – техника ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь Республикасының Әскери академиясы.

Олжабаев М.Қ. – Радиоэлектроника және байланыс әскери-инженерлік институты бастығының бірінші (оқу-ғылыми жұмыстар жөніндегі) орынбасары – оқу-әдістемелік басқармасының бастығы, полковник.

Кенжебаев Д.А. – PhD, қауымд.проф., Радиоэлектроника және байланыс әскери-инженерлік институты әскери радиотехника және электроника негіздері кафедрасының бастығы, полковник.

Кленов В.К. – техника ғылымдарының магистрі, Радиоэлектроника және байланыс әскери-инженерлік институты әскери радиотехника және электроника негіздері кафедрасының аға оқытушысы.

РЕДАКЦИЯЛЫҚ КЕҢЕС

Мустабеков А.Д. – PhD, Радиоэлектроника және байланыс әскери-инженерлік институтының бастығы, генерал-майор.

Орманбетов Н.С. – ҚР ҚК ӘҚК Бас қолбасшысы, авиация генерал-лейтенанты.

Орынбеков М.О. – Радиоэлектроника және байланыс әскери-инженерлік институты байланысты ұйымдастыру кафедрасының доценті, генерал-майор.

Бисембаев И.Б. – ҚР ҚК БШ Мемлекеттік құпияларды сақтау департаментінің бастығы, полковник.

Жарияланған мақалалар редакцияның түбегейлі көзқарасын білдірмейді. Мақала мазмұнына автордың (авторлардың) өзі жауапты. Журнал мақалалары басқа басылымдарда көшіріліп басылса, «РЭЖБЭИИ ғылыми еңбектері» журналына сілтеме жасалуы тиіс. Журнал материалдарын қайта басу редакция рұқсатымен ғана жүргізіледі.

РЕДАКЦИЯНЫҢ МЕКЕН-ЖАЙЫ

050035, Алматы қаласы, Жандосов көшесі, 53.

Радиоэлектроника және байланыс әскери-инженерлік

институтының ғылыми-зерттеу бөлімі,

тел.: 8 /727/ 303 69 07, эр. 233 - 18.

E-mail: viires01@mail.ru (nurgulismagulova@mail.ru)

**МАЗМҰНЫ
СОДЕРЖАНИЕ**

*Ғылым, техника және қару-жарақ –
Наука, техника и вооружение*

Куандиков А.А. О создании разведывательно-огневого комплекса с БЛА «ОРЛАН – 10» для выполнения особо важных задач	7
Тугельбаева Г.К., Турымбетов Т.А., Куатбеков Б.Н. Қатты негізде орналасқан серпімді тұтқырлы пластикалық қуыстық қабырғаларының тербелісі	11
Волощук Д.Л. Предполагаемые направления развития системы связи при создании единого информационного пространства на театре военных действий	18
Шандронов Д.Н. Оценка качественных характеристик радиолокационного поля в зависимости от расстояний между радиотехническими подразделениями	23
Алдиярова А.Б., Ягуткин С.А., Понуждаев И.А. Электр динамикадағы активті орта	31
Иванов Е.М., Чокин Е.С., Сеитов И.С. Способы повышения энергоэффективности районной котельной	37
Куандиков А.А. О теории создания разведывательно-ударного комплекса для повышения эффективности огневого поражения противника	44
Таштаев З.Д. Вероятные технические решения по противодействию инсайдерской деятельности	49
Шандронов Д.Н. Некоторые концептуальные взгляды на организацию противовоздушной обороны	56
Исаинов К.Е., Арсеньев В.В., Лохматов В.В., Крыкпаева Г.Т. Способы применения перспективных образцов светотехнического оборудования	69
Шабаев Ю.Н., Айнабеков Ш.Н. Краткий анализ особенностей организации связи при проведении специальной операции по разоружению НВФ в Чеченской Республике	74
Туманбаева К., Сағызбай А. Анализ характеристик сетевого трафика, создаваемого устройствами IoT	87
Грищенко В.Ф., Мукушев А.А., Сеитов И.А., Смайлов Н.К., Турумбетов М.Б., Серикхан С. Математическая модель принятия решения по радиоэлектронному подавлению беспилотного летательного аппарата	96
Бердибеков А.Т., Шугаев М.А., Доля А.В. Способы подготовки металлических поверхностей деталей вооружения и военной техники перед газотермическим напылением покрытий	104
Тишкин К.В., Жилкайдаров К.Б. Сравнительный анализ цифровых средств радиосвязи различных силовых ведомств	110
Алиев Е.Т., Ахметова В.Б., Таженова А.К. Применение современных компьютерных технологий и изготовление конструктивных деталей в учебном процессе	115
Дуйсембеков О.А., Мукушев А.А., Сеитов И.А. Влияние рефракции на радиус связи	119
Байсадыков Б.Ж. Классификация комплексных аппаратных связи	126
Юлчиев Д.А., Тургунбаев Н.С. Предназначение и задачи подразделений войск РХБ защиты перспективы и направления развития	131
Грищенко В.Ф., Мукушев А.А., Сеитов И.А., Смайлов Н.К., Турумбетов М.Б., Серикхан С.С. О некоторых вопросах разработки широкополосной логопериодической антенны	137

МРНТИ 29.27.17

Г.К. ТУГЕЛЬБАЕВА^{1,2}, Т.А. ТУРЫМБЕТОВ³, Б.Н. КУАТБЕКОВ³*¹Институт механики и машиноведения имени академика У.А.Джолдасбекова
КН МОН РК, г. Алматы, Республика Казахстан**²Военный институт Сухопутных войск МО РК, г. Алматы, Республика Казахстан**³Международный казахско-турецкий университет имени Х.А. Ясави,
г. Туркестан, Республика Казахстан***КОЛЕБАНИЯ СТЕНКИ ПОЛОСТИ НАХОДЯЩИЕСЯ НА УПРУГО-ВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКОМ СЛОЕ ЛЕЖАЩИМ НА ЖЕСТКОМ ОСНОВАНИИ**

Аннотация. В настоящей работе приводится исследование распространения волн, позволяющее строить решение задачи о распаде произвольного разрыва в упруго-вязкопластической среде с полостью, лежащей на жестком основании.

Составлена система конечно-разностных уравнений, позволяющих определять напряженно-деформированные состояния среды и вокруг полости. Получены численные решения, оценивающие все возможные разрушения.

Для решения поставленной задачи применяется метод «распада разрыва» С.К.Годунова [1,2]. Применение этого метода эффективно для численного интегрирования систем уравнений гиперболического типа и для решения широкого круга задач газовой динамики, аэродинамики, а также для других разделов механики сплошной среды.

Преимущество данного метода заключается в том, что все возможные разрывы в расчетах по этому методу представляются более близкими реальным, чем расчеты, полученные при использовании искусственной вязкости.

Результаты исследования найдут свое применение при строительстве крупных наземных и подземных сооружений, а также при изготовлении различных конструкционных материалов, что позволят избежать неоправданных финансовых, материальных затрат и людских ресурсов.

Ключевые слова: волна, взрыв, упруго-вязкопластическая среда, динамическая нагрузка, напряженность, деформация, полость.

Түйіндеме. Бұл жұмыста қатты негізде жататын серпімді-тұтқырлы пластикалық қуысы бар ортада толқындардың таралуын зерттеу еркін жарылыстан ыдырау мәселесін шешу қарастырылады.

Ортаның және қуыстың айналасындағы кернеулі-деформацияланған күйлерін анықтауға мүмкіндік беретін ақырлы-айырмашылық теңдеулерінің жүйесі құрылды. Барлық бұзылуларды бағалайтын сандық шешімдер алынды.

Қойылған мәселелерді шешу үшін С.К.Годуновтың «ыдырау үзілу» әдісі қолданылады [1,2]. Бұл әдісті қолдану гиперболалық теңдеулер жүйесін сандық интеграциялауға және газ динамикасының, аэродинамиканың көптеген мәселелерін шешуге, сондай-ақ үздіксіз орта механикасының басқа бөлімдеріне тиімді.

Бұл әдістің артықшылығы – осы әдіс бойынша есептеулердегі барлық мүмкін үзілістер жасанды тұтқырлықты пайдалану кезінде алынған есептеулерге қарағанда нақты болып көрінеді.

Зерттеу нәтижелері ірі жер үсті және жер асты құрылыстарын салуда, әртүрлі құрылымдық материалдарды өндіруде қолданылады, сондай-ақ бұл негізсіз қаржылық, материалдық және адами ресурстардың шығындарын алдын алады.

Түйін сөздер: толқын, жарылыс, серпімді-тұтқырлы пластикалық орта, динамикалық жүктеме, кернеулік, деформация, қуыс.

Annotation. In this paper, we present a study of wave propagation, which allows us to construct a solution to the problem of the decay of an arbitrary rupture in an elastic-viscoplastic medium with a cavity lying on a rigid base.

A system of finite-difference equations has been compiled to determine the stress-strain states of the medium and around the cavity. Numerical solutions estimating all possible destructions are obtained.

To solve this problem, the method of "gap decay" by S.K.Godunov is used [1,2]. The application of this method is effective for numerical integration of systems of hyperbolic equations and for solving a wide range of problems of gas dynamics, aerodynamics, as well as for other sections of continuum mechanics.

The advantage of this method is that all possible discontinuities in calculations using this method seem to be closer to real than the calculations obtained using artificial viscosity.

The results of the study will find their application in the construction of large surface and underground structures, as well as in the manufacture of various structural materials, which will avoid unjustified financial, material costs and human resources.

Keywords: wave, explosion, elastic-viscoplastic medium, dynamic load, tension, deformation, cavity.

Несмотря на предпринимаемые защитные мероприятия научного сопровождения, ежегодно погибают сотни людей во время взрывов и разрушений. В научном плане такие проблемы еще полностью не решены. Доказательством этому служит непрерывно продолжающиеся гибели людей, работающих в надземных и подземных сооружениях различного назначения.

Только в одном Казахстане в последние годы в Карагандинских шахтах погибли в 2006 году – 41 и в 2008 году – 30 шахтера. В результате взрыва на шахте в Шаньси 9 декабря 2007 года погибло 105 шахтеров, а 22 февраля 2009 года погибли еще 74 человека. В Украине в 2008 году погибло 200 горняков.

При землетрясениях и взрывах в зависимости от интенсивности воздействия надземные и подземные сооружения получают повреждения разной степени – от незначительного сотрясения до заметных деформаций и полного разрушения.

Аналогичные данные можно продолжать бесконечно множество. Эти и другие факты, только за последние годы, свидетельствуют о недостаточности предпринимаемых практических мер по предотвращению человеческих жертв и трагических событий, в том числе и в научном плане необходимо развивать новые методы решения таких проблем.

Одним из недостатков механики разрушения является отсутствие критерия разрушения. Прикладная механика может достаточно верно описать напряженно-деформированное состояние различных сред с полостью при воздействии определенной динамической нагрузки.

Таким образом, развитие новых технологий предъявляет повышенные требования к точности расчета конструкций из современных материалов и надежности прогнозирования их поведения в условиях воздействия физических полей различной природы. Это требует усовершенствования методов расчета, учитывающих как структуру материала: слоистость, неоднородность, так и его физико-механические свойства упругие, вязкие, пластические и т.п.

Самостоятельный интерес представляет проблема развития принципиально новых методов неразрушающего контроля и диагностики напряженного состояния различных сред, находящегося под воздействием определенной динамической нагрузки.

Следует отметить, что аналитические методы решения нестационарных динамических задач теории упругости весьма сложны и применение результатов в инженерной практике затруднено.

Для исследования нелинейных процессов в ближайшей зоне источников традиционные аналитические методы не применимы.

Актуальность разработки вопросов возбуждения и распространения упругих и упруго-вязкопластических волн в среде определяют необходимость теоретического обоснования выводов и результатов численных решений. Имея решение подобной задачи, можно определить все особенности волнового поля не только в дальней, но и в ближней зоне от источника. Сложность таких задач обусловлена нестационарностью колебательного движения и нелинейным поведением среды.

Постановка задачи и основные уравнения упруго-вязко-пластических волн

Рассмотрим распространение упруго-вязкопластических волн в четверти пространства от источника взрывного типа находящихся внутри полости [3]. Полость находится в упруго-вязкопластическом слое, лежащей на жестком основании.

Задача решается при начальных и граничных условия [4,5,6]:

$$u = v = \sigma_x = \sigma_y = \tau = 0; \quad \begin{cases} 0 \geq x \\ 0 \geq y \end{cases} \text{ при } t = 0; \quad \begin{cases} v = tBe^{-At} \\ u = 0; \end{cases} \text{ при } \begin{cases} m_1 \leq x \leq m_2; \\ y = 0; \\ t \geq 0, \end{cases}$$

где $A, B = \text{const}$; v, u – соответственно составляющие скорости частиц среды по оси x и y ; $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau$ – соответственно составляющие напряжения.

Модель упруго-вязкопластической среды с полостью, лежащей на жестком основании показана на рисунке 1.

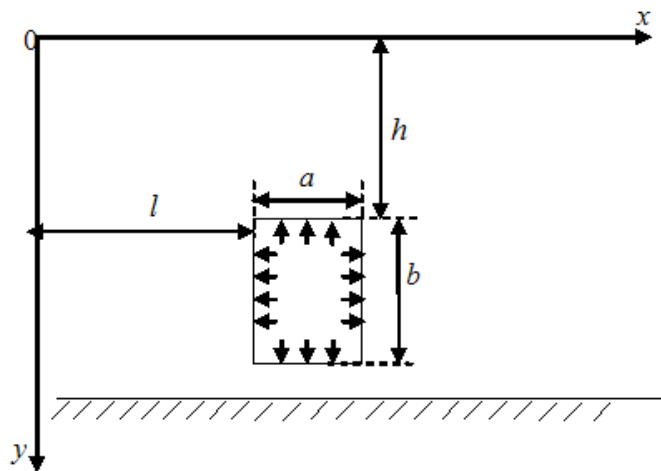


Рисунок 1. – Упруго-вязкопластическое пространство с полостью

Состояние упруго-вязкопластической среды определяется уравнением П.Пэжина [7]:

$$\dot{\varepsilon}_{ij} = \frac{1}{2\mu} \dot{s}_{ij} + \frac{1}{2k} \dot{s} \delta_{ij} + \eta \langle \dot{\Phi}(F) \rangle \left(\alpha \delta_{ij} + \frac{s_{ij}}{2\sqrt{J_2}} \right). \quad (1)$$

где $s_{ij} = \sigma_{ij} - \frac{1}{3} \sigma_{kk} \delta_{ij}$ — девиатор тензора напряжения, $[\Phi(F)] = \begin{cases} 0 & \text{при } F \leq 0, \\ F & \text{при } F > 0, \end{cases}$

$F = \frac{\alpha J_1 + \sqrt{J_2}}{k_0} - 1$, $J_1 = \sigma_{11} + \sigma_{22} + \sigma_{33}$ — первый инвариант тензора напряжений;

$J_2 = (1/2)s_{ij}s_{ij}$ — второй инвариант тензора напряжений; k_0 — предел текучести при чистом сдвиге; K — модуль объемного сжатия, μ — постоянные Ляме, η — коэффициент вязкости.

Плоская деформация для поставленной задачи имеет вид [8,9]:

$$\varepsilon_{11} = \varepsilon_{xx} = \frac{\partial u_x}{\partial x}; \quad \varepsilon_{22} = \varepsilon_{yy} = \frac{\partial u_y}{\partial y}; \quad \varepsilon_{33} = \varepsilon_{zz} = 0;$$

$$\varepsilon_{12} = \varepsilon_{xy} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x} \right); \quad \varepsilon_{13} = \varepsilon_{xz} = \varepsilon_{23} = \varepsilon_{yz} = 0,$$

где u_x, u_y - смещение по осям x и y .

Объемная деформация имеет вид:

$$\dot{\varepsilon}_{ii} = \frac{1}{3k_0} \dot{\delta}_{ii} + 3\alpha\eta \langle \Phi(F) \rangle. \quad (2)$$

После элементарных математических преобразований в уравнениях (1) и (2) окончательно получим полную систему уравнений в частных производных первого порядка гиперболического типа для динамической задачи упруго-вязко-пластической среды в виде [10,11]:

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau}{\partial y}; \\ \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\partial \tau}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y}; \\ \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial t} = \frac{\partial u}{\partial x} + \left(1 - \frac{2}{\gamma^2}\right) \frac{\partial v}{\partial y} + \hat{O}_2; \\ \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial t} = \left(1 - \frac{2}{\gamma^2}\right) \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \hat{O}_1; \\ \frac{\partial \tau}{\partial t} = \frac{1}{\gamma^2} \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{1}{\gamma^2} \frac{\partial v}{\partial x} + \hat{O}_3. \end{cases} \quad (3)$$

Для составления конечно-разностных уравнений волновых полей в четверти пространстве вблизи прямоугольной полости применяется разностная схема, использованная в работе С.К. Годунова для двумерных нестационарных задач газовой динамики. Эта схема допускает наглядную физическую интерпретацию, соответствующей выбором разностной сетки с усредненными значениями физических величин. В результате взаимодействия двух соседних ячеек с различными состояниями происходит «перетекания» массы, импульса и энергии через общую границу ячеек. Потоки этих величин могут быть вычислены посредством расчета соответствующих задач о распаде разрыва.

Заменяя производные их разностными отношениями, запишем систему дифференциальных уравнений (3) в конечно-разностном виде [12-16]:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{u^{n,m} - u_{n,m}}{\Delta t} &= \frac{\sigma_{xx2} - \sigma_{xx1}}{\Delta x} - \frac{\tau_{m2} - \tau_{m1}}{\Delta y}; \\ \frac{v^{n,m} - v_{n,m}}{\Delta t} &= \frac{\tau_{n2} - \tau_{n1}}{\Delta x} + \frac{\sigma_{yy2} - \sigma_{yy1}}{\Delta y}; \\ \frac{\sigma_{xx}^{n,m} - \sigma_{xx,n,m}}{\Delta t} &= \frac{u_{n2} - u_{n1}}{\Delta x} + \left(1 - \frac{2}{\gamma^2}\right) \frac{v_{m2} - v_{m1}}{\Delta x} + \hat{O}_{1n,m}; \\ \frac{\sigma_{yy}^{n,m} - \sigma_{yy,n,m}}{\Delta t} &= \left(1 - \frac{2}{\gamma^2}\right) \frac{u_{n2} - u_{n1}}{\Delta x} + \frac{v_{m2} - v_{m1}}{\Delta x} + \hat{O}_{2n,m}; \\ \frac{\tau^{n,m} - \tau_{n,m}}{\Delta t} &= \frac{1}{\gamma^2} \frac{u_{m2} - u_{m1}}{\Delta y} + \frac{1}{\gamma^2} \frac{v_{n2} - v_{n1}}{\Delta x} + \hat{O}_{3n,m}. \end{aligned} \right. \quad (4)$$

Для получения численных решений поставленной задачи в качестве объекта исследования используем параметры суглинки: $\Delta t = dt = 0.0024888$, $\Delta x = dx = 0.005$, $\Delta y = dy = 0.005$, $\gamma = a/b = 1.6$, $a = 320$ м/с, $b = 200$ м/с; $\alpha = -0.02$; $\eta = 350$ с⁻¹, $\rho = 0.0018$ кг/м³, $k_0 = 0.6$ кг/см², $v = kdtB \exp(-Akd t)$, где $A = 133.93335$; $B = 0.1193379$; $t = kdt$; $k = 1, 2, 3, \dots$, размеры исследуемой области и полости $N_x = 200$, $M_y = 200$, $n_1 = 20$, $n_2 = 24$, $m_1 = 10$, $m_2 = 16$.

Результаты численного решения системы уравнений (3) показаны на рисунках 2-4.

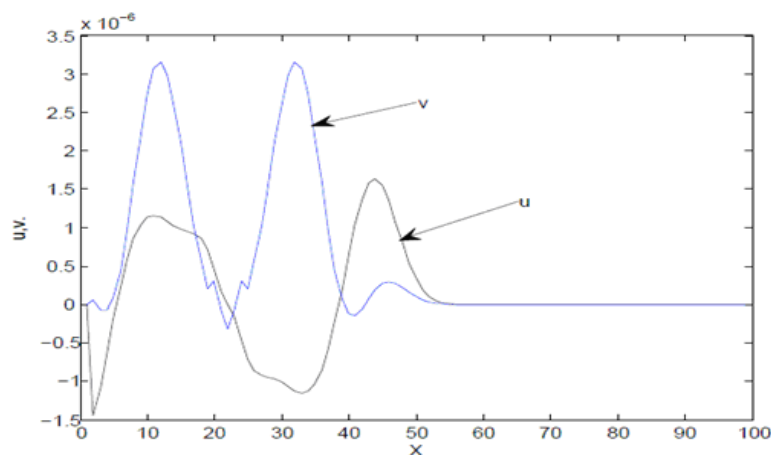


Рисунок 2. – Изменение скоростей частиц среды при $x = 1dx - 100dx$, $y = 10dy$, $t = 50dt$

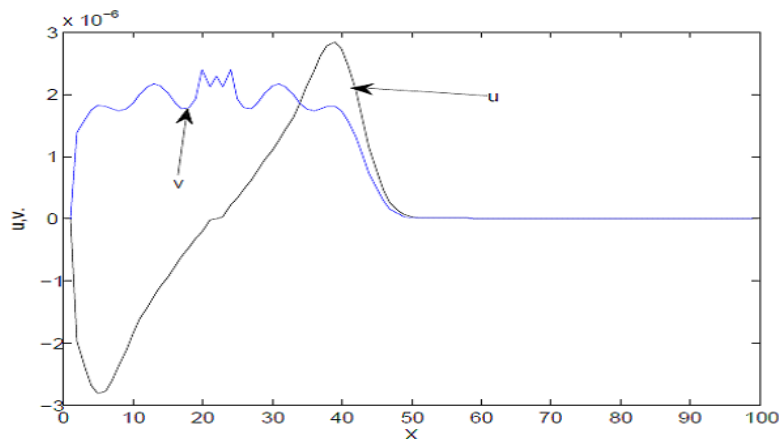


Рисунок 3. – Изменение скоростей частиц среды при $x = 1dx - 100dx$, $y = 16dy$, $t = 50dt$

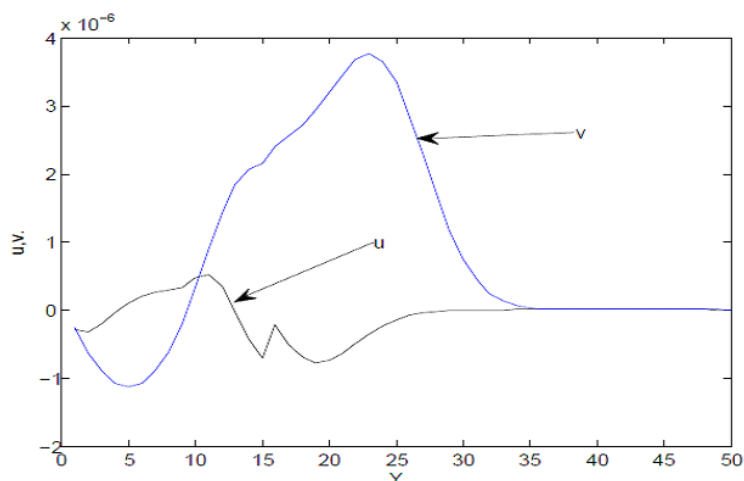


Рисунок 4. – Изменение скоростей частиц среды при $x = 20dx$, $y = 1dy - 50dy$, $t = 50dt$

Исследованы волновые процессы в упруго-вязкопластической среде с полостью, лежащей на жестком основании при воздействии нагрузки взрывного характера. На основе математических моделей и пакета прикладных программ получены зависимости скоростей от координат и времени в среде и вокруг прямоугольной полости.

Полученные результаты исследований применяются при решении аналогичных задач, при проектировании надземных и подземных сооружений и других объектов, в том числе военных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Годунов С.К., Забродин А.В., Прокопов Г.П. Разностная схема для двумерных нестационарных задач газовой динамики и расчет обтекания с отошедшей ударной волной. – М.: ЖВМиМФ, 1961. – № 6. – С. 1020–1059.
- 2 Годунов С.К., Забродин А.В., Иванов М.Я., Крайко А.И., Прокопов Г.П. Численное решение многомерных задач газовой динамики. – М.: Наука, 1976. – 400 с.
- 3 Попов Г.Я. Точное решение смешанной задачи теории упругости для четверти пространства // Изв. РАН. МТТ. – 2003. – № 6. – С. 31–39.
- 4 Масанов Ж.К., Кожобеков Ж.Т., Баймахан Р.Б., Тугельбаева Г.К., Мадалиев Т.Б., Абдраимов Э.С. Распространения волны на упруго-вязкопластическом слое с полостью на упругом основании // Изв. НАН РК. Сер. Геология и технические науки. – 2020. – № 1. – С. 56–64.
- 5 Масанов Ж.К., Кожобеков Ж.Т., Тугельбаева Г.К., Сарсенов Б.Ш. Распространение упругих и упруго-вязкопластических волн в слоистых полупространствах с полостью. Монография. – Алматы, 2017. – 292 с.
- 6 Масанов Ж.К., Кожобеков Ж.Т., Тугельбаева Г.К. Исследования геодинамического поля в упругой четверти пространства с полостью, вызванного действием нагрузки // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. Россия, г.Новосибирск, 2015г. – Т. 4. – №2. – С. 39-44.
- 7 Пэжина П. Основные вопросы вязкопластичности. – М.: Мир, 1968. – 180 с.
- 8 Турекулова А.Н. Исследование упруго-вязкопластического волнового процесса в стержнях методом Годунова // Вестник АН КазССР. – Деп. в ВИНТИ. №8254-В85. – 12с.
- 9 Масанов Ж.К., Кожобеков Ж.Т., Тугельбаева Г.К. Исследование волновых полей геодинамики в четверти пространства с полостью // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. Россия, г.Новосибирск, 2017г. – Т. 4. – №2. – С. 118-122.

10 Сарсенов Б.Ш. К распространению волн напряжений в упруго-вязкопластическом слое // Вестник АН КазССР. – Деп. в ВИНТИ. – 1985. – № 7783-В85. – 15 с.

11 Утебаев М.Н. Распространение двумерных волн в упруго-вязкопластическом полупространстве // Современные проблемы механики сплошных сред. Гидрогазодинамика и экзогенно-геологические процессы природы. – Бишкек, 2004. – Вып. 3. – С. 152–159.

12 Tugelbayeva G.K. Mathematical models for numerical solution of no stationary problems of geomechanics, AIP Conference Proceedings 2312. 050024, 2020. <https://doi.org/10.1063/5/0035683>.

13 Масанов Ж.К., Кожобеков Ж.Т., Тугельбаева Г.К. Исследование волновых полей в полупространстве с цилиндрическими полостями расположенных перпендикулярно дневной поверхности / Коллективная монография «Итоги науки» серия «Избранные труды IX-ый Международного симпозиума по фундаментальным и прикладным проблемам науки» – Москва (Россия), 2014г. – С. 88-113.

14 Масанов Ж.К., Кожобеков Ж.Т., Тугельбаева Г.К. Волновое поле в упруго-вязкопластическом в четверти пространства с полостью при действии динамической нагрузки // Международная научно-практическая конференция «Механика и строительство транспортных сооружений», посвященной 80-летию заслуженного деятеля науки и техники Казахстана, академика НАН РК Айталиева Ш.М. – Алматы, 2015. – С. 234-237.

15 Масанов Ж.К., Кожобеков Ж.Т., Тугельбаева Г.К., Мадалиев Т.Б., Алтыбай С., Абдраимов Э.С. Wave spreading in resilient viscous-plastic layer with cavity on the rigid base // Известия НАН РК. Серия геология и технические науки. – 2019. – №4. – С.62-68.

16 Масанов Ж.К., Кожобеков Ж.Т., Тугельбаева Г.К. Распространение волн в слоистом полупространстве с полостью // Труды XII Всероссийского съезда по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. Россия. г.Уфа. 2019г. Том 3. – С. 134-136.

Тугельбаева Г.К., *заведующий кафедрой естественно-научных дисциплин, кандидат физико-математических наук,*

Турымбетов Т.А., *доцент кафедры компьютерной науки, кандидат технических наук,*

Куатбеков Б.Н., *заведующий кафедрой электроинженерии, кандидат технических наук.*