

# ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

С. ТОРАЙҒЫРОВ АТЫНДАҒЫ ПАВЛОДАР МЕМЛЕКЕТТІК  
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

Адрес редакции:  
140008, г. Павлодар,  
ул. Ломова, 64.  
Тел.: (7182) 67-36-69  
E-mail: publish@psu.kz

## МАЗМҰНЫ

БЫКОВ П.О. Кристаллизация үрдісіне кешенді әсер ету арқасында үзіліссіз құйылған орталық кеуектіктің төмендеуі ..... 7	
ГЕНЕРАЛОВА Г.В., ОЖГИХИН Н. Құрылыста термоберіктілігі жоғары темірсымның қолданылуы..... 10	
ДЕНЧИК А.И. Кесу процессінде сырғанауды есепке ала талдау кескіш жиегіне бағытталған ..... 16	
ДУДАК Н.С. Қайрау тәсілі және ұшы жоқ өткінші жоңғыш аспап.....21	
ДҮЗЕЛБАЕВ С.Т., АЛУШАЕВА Г.Г., ПЫШНОЙ Ю.В. Жүк вагоны арбасының бүйір рамасының беріктігін ақырғы элементтер әдісімен зерттеу ..... 26	
ЖАНАБАЕВА Г.М., СЕРЖАНОВ Р.И., БОГОМОЛОВ А.В. Тескіш станоктың жақтауының тұрақтылығы ..... 33	
ИСМАГУЛОВА С.О., МЫРЗАБЕКОВ Ж.С. Жаңа темір жолдарды жобалауда қардан қорғайтын, құмнан қорғайтын, көшкінге қарсы, тасқынға қарсы және су шайып кетуге қарсы шараларды жобалау ..... 40	
КАРЯГИН А.В. Автомобиль моторының чип-тюнингті мүмкіндіктерін талдау ..... 42	

Арын Е.М., д.э.н., профессор (главный редактор);  
Утегулов Б.Б., д.т.н., профессор (зам. гл. редактора)  
Ельмуратова А.Ф., к.т.н., доцент (отв. секретарь);

### Члены редакционной коллегии:

Бороденко В.А., д.т.н., доцент;  
Глазырин А.И., д.т.н., профессор;  
Даукеев Г.Ж., к.т.н., доцент;  
Ельмуратов С.К., д.т.н., профессор;  
Ергожин Е.Е., д.х.н., профессор;  
Захаров И.В., д.т.н., доцент;  
Каракаев А.К., д.т.н., профессор;  
Кислов А.П. к.т.н., доцент;  
Клецель М.Я. д.т.н., профессор;  
Кудерин М.К. д.т.н., доцент;  
Мансуров З.А., д.х.н., профессор;  
Мурзагулова К.Б., д.х.н., профессор;  
Новожилов А.Н., д.т.н., профессор;  
Рустемова Г.Р., д.м.н., доцент;  
Сапаров К.Т., к.г.н., доцент;  
Сулеев Д.К., д.т.н., профессор;  
Украинец В.Н., д.т.н., доцент;  
Айтжанова Д.Н.(тех. редактор).

КАСЕНОВ А.Ж. Кедір-бұдырлық саңылауын құрастыру жазбамен өңделген.....	46
МАКУШЕВ Ю.П., РЫНДИН В.В. Мұнай өнімдерінің сақтауы және жоғалтудың төмендеуі.....	49
МУСИНА Ж.К. Спираль бұрғысының төбесіндегі екі төбені орналастыра кесу шартында геометриялық талдаудың әсері.....	60
НАУРАЗБАЕВА А.А., БИЯКАЕВА Н.Т. Құбырлардың сұлбасын математикалық үлгілеудегі үздіксіз валканы...	67
РЫНДИН В.В. MathCAD жүйесін қолданыспен жылу өткізгіштіктің айырымдық теңдеулердің шешімі.....	75
СУЮНДИКОВ М.М., ШОШАЙ Ж., ТУСУПБЕКОВА М.Ж. Үлгінің әсер етуі бөлшекті тұндыруына байланысты фильтрлік тордың кедергісін тудыруы.....	86
Біздің авторлар.....	91
Авторлар үшін ереже.....	93

# НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПАВЛОДАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА ИМ. С. ТОРАЙГЫРОВА

КОРРЕКТОРЫ:  
Б.Б. Аубакирова (каз. яз.)  
Б.В. Нургожина  
А.Р. Омарова (ин. яз.)

ВЕРСТКА:  
М.А. Ескожинова

© ПГУ им. С. Торайгырова

## СОДЕРЖАНИЕ

БЫКОВ П.О. Снижение центральной пористости непрерывнолитого слитка за счет комплексного воздействия на процесс кристаллизации.....	7
ГЕНЕРАЛОВА Г.В., ОЖГИХИН Н. Применение термоупрочненного арматурного проката в строительстве .....	10
ДЕНЧИК А.И. Анализ процесса резания с учетом скольжения в направлении касательной к режущей кромке .....	16
ДУДАК Н.С. Способ точения и безвершинный проходной токарный резец.....	21
ДУЗЕЛБАЕВ С.Т., АЛУШАЕВА Г.Г., ПЫШНОЙ Ю.В. Исследование прочности боковой рамы телеги грузового вагона методом конечных элементов.....	26
ЖАНАБАЕВА Г.М., СЕРЖАНОВ Р.И., БОГОМОЛОВ А.В. Стойкость оправок прошивного стана.....	33
ИСМАГУЛОВА С.О., МЫРЗАБЕКОВ Ж.С. Проектирование снегозащитных, пескозащитных, противолавинных, противоселевых и противоразмывных мероприятий при проектировании новых железных дорог.....	40
КАРЯГИН А.В. Анализ возможностей автомобильного чип-тюнинга двигателя .....	42
КАСЕНОВ А.Ж. Формирование шероховатости поверхности отверстия обработанного развёрткой-протяжкой....	46
МАКУШЕВ Ю.П., РЫНДИН В.В. Хранение нефтепродуктов и снижение их потерь.....	49
МУСИНА Ж.К. Геометрический анализ влияния расположения вершин двухвершинного спирального сверла на условия резания .....	60
НАУРАЗБАЕВА А.А., БИЯКАЕВА Н.Т. Математическое моделирование профилирования труб в неприводных валках (турголовках).....	67

РЫНДИН В.В. Решение разностных уравнений теплопроводности с использованием системы Mathcad .....	75
СУЮНДИКОВ М.М., ШОШАЙ Ж., ТУСУПБЕКОВА М.Ж. Моделирование влияния процессов осаждения частиц на сопротивление фильтровальных сеток.....	86
Наши авторы.....	91
Правила для авторов.....	93

**ҚҰРМЕТТІ ОҚЫРМАҢДАР!**

Бүгінгі жаңашылдық пен өрлеу заманында қазақ ұлтының даналығы мен зерделілігін танытуда, іскерлік әлеуетін көрсету мақсатында көшбасшылық, интеллектуалды жағдай қажет. Ғылыми-инновациялық экономиканың негізі болу керек. Бұл мүмкіндік дәлелі соңғы бес жылдың ішінде қазақ ғылымын қаржыландыру 4 есеге артты. Қазақстан 13-бағытта «Инновациялық даму» көрсеткіші бойынша жаһандық бәсекеге қабілетті рейтингісінде өз орнын жақсартты. 2012 жылға дейін Мемлекеттік ғылымның даму бағдарламасы жүзеге асу кезеңінде тұр.

Аталмыш ғылыми журналдың жарыққа шығуы – зерделік әлеуетімізді күшейту бағытындағы маңызды да мәнді шаралардың бірі. Журнал ғылыми-білімдік қызметті насихаттауда, ғылыми біліммен алмасу, ғылымның өзекті мәселелерін талқылауда, ғылыми-теориялық тұжырымдар мен көзқарастарды танытумен бірге қоғамның ғылыми-білімдік мәселелерін де шешеді.

Кезінде ұлы математик Д. Пойа ғылыми әрекет пен ғылыми қызметтің принциптерін төмендегідей тұжырымдаған екен:

Бірінші принцип – «Біз өзіміздің кез келген көзқарасымызды қайта қарауға дайынбыз» – ол үшін «ақыл ерлігін» талап етеді. Екінші – «Шұғыл жағдайлар болған кезде және оны жасауға – біздің көзқарасымыз өзгеруі қажет» – ол үшін «ақыл адалдығын» талап етеді. Үшінші принцип – «Біз өз бетімізбен, жеткілікті негіздемесіз көзқарасымыз бен тұжырымдарымызды өзгертуіміз керек» – ол үшін «ақыл ұстамдылығын» талап етеді.

Бұл принциптер біздің журналымыздың ұстанатын басты қағидалары. Журналымыздың жаңа шығарылымының тек бет мұқабасы ғана өзгеріп қана қойған жоқ, оның мазмұндық мәні де арта түсті.

Журналдың безендірілу мәнімен бірге ғалымдардың ұсынатын ғылыми мәселелері жан-жақты талқыланып, аймақтың аспектісі кеңейді. Мәтін мазмұнына қойылатын талап күшейтіліп, дұрыс, сауатты ғылым талабына сай болатындай жарыққа шығару мәселесі қойылып отыр.

Бірақ әрқашанда біздің журналымыз ғылым ғаламатын таныту мен тануда адалдық пен ақыл ерлігін және ақыл ұстанымдылығы қала берді.

**УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!**

Казахстану сегодня необходима интеллектуальная революция, которая позволит пробудить и реализовать потенциал нашей нации. Наука должна стать основой инновационной экономики. Этому есть все предпосылки – за последние пять лет финансирование казахстанской науки увеличилось почти в 4 раза. Казахстан на 13 позиций улучшил свое место в рейтинге глобальной конкурентоспособности по индексу «Инновационное развитие». В стадии реализации – Государственная программа развития науки до 2012 года.

Выпуск этого научного журнала – одна из значимых мер, направленных на усиление интеллектуального потенциала. Пропаганда научно-образовательной деятельности, обмен научными знаниями, обсуждение актуальных проблем науки, концепций, теорий, взглядов – журнал решает эти и другие, не менее важные, задачи научно-образовательного сообщества.

В свое время великий математик Д. Пойа сформулировал принципы научной деятельности:

Первый принцип – «Мы готовы пересмотреть любое из наших представлений» – требует «мужества ума». Второй – «Наши представления должны быть изменены, когда имеются веские обстоятельства, вынуждающие это сделать» – требует «честности ума».

Третий принцип великого математика – «Мы не должны изменять представления произвольно, без достаточных оснований» – требует «мудрой сдержанности».

Эти принципы созвучны с духом нашего научного издания. Более того, модернизация журнала, которую Вы наблюдаете, держа в руках новый номер, сказался не только на внешнем его облике. Новое оформление – лишь отражение тех перемен, которые привнесены редакцией в его содержание. Усилен региональный аспект, предусмотрено обсуждение той или иной актуальной проблемы рядом ученых, предлагающими различные варианты ее решения, требовательнее мы стали и к редакции текста, но неизменными в нашем издании останутся три составляющих – честность и мужество ума и сдержанность по отношению к научным оппонентам.

**Ректор ПГУ им. С. Торайгырова**  
д.э.н., профессор, академик

**С. Омирбаев**

**П.О. БЫКОВ**  
**СНИЖЕНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ПОРИСТОСТИ**  
**НЕПРЕРЫВНОЛИТОГО СЛИТКА ЗА СЧЕТ**  
**КОМПЛЕКСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРОЦЕСС**  
**КРИСТАЛЛИЗАЦИИ**

В непрерывнолитых слитках в силу технологических особенностей процесса непрерывной разливки наблюдается физическая и химическая неоднородность в виде центральной (осевой) пористости, ликвации, неметаллических включений. Развитие осевой пористости в основном связано с наличием глубокой жидкой лунки, развитой столбчатой структурой, которая затрудняет питание слитка в процессе усадки и препятствует всплытию неметаллических включений.

Перспективным способом снижения осевой пористости в непрерывнолитом слитке является «мягкое» обжатие слитка в зоне вторичного охлаждения МНЛЗ [1 – 3].

Одной из проблем широкого использования данного способа является то, что он не позволяет использовать большие степени обжатия из-за опасности развития трещин в слитке. Поэтому для его реализации используются динамические системы обжатия заготовок, состоящие из большого количества блоков для мягкого обжатия [4].

Автором статьи совместно с коллегами были проведены исследования по повышению эффективности способа мягкого обжатия непрерывнолитых слитков.

В процессе выполнения исследований был проведен анализ качества непрерывнолитых заготовок квадратного и круглого сечения, произведенных на предприятиях ПФ ТОО «Кастинг» и ПФ ТОО «KSP steel» с 2006 по 2010 год, который выявил, что в слитках имеющих развитую столбчатую структуру, величина пор и усадочных раковин имеет более высокое значение. Следовательно, при уменьшении доли столбчатых кристаллов в непрерывнолитом слитке величина осевой пористости будет меньше, что позволит уменьшить необходимую суммарную степень обжатия непрерывнолитого слитка в процессе мягкого обжатия. Также литературный обзор показал, что процесс обжатия непрерывнолитых заготовок в МНЛЗ можно интенсифицировать за счет использования сдвиговых деформаций [5].

На основании вышесказанного, автором предложен комплексный способ улучшения качества стального непрерывнолитого слитка за счет

пульсационной продувки металла инертным газом в кристаллизаторе и сдвигового обжатия слитка в конце зоны вторичного охлаждения МНЛЗ [6].

**Способ пульсационной продувки** предлагается использовать для снижения доли столбчатой структуры в слитке. Он может реализовываться в нескольких направлениях: с отсутствием всасывания расплава в погружную трубу перед подачей инертного газа под давлением в каждом цикле и с вакуумным всасыванием расплава.

Теоретический анализ показал, что реализация пульсационной продувки в кристаллизаторе МНЛЗ возможна при расходе аргона до 5 л/мин, частоте пульсаций до 16 Гц, амплитуде колебаний давления газа в системе от 0,08 до 0,15 МПа. При больших значениях этих параметров возможно возникновение возмущения на поверхности металла в кристаллизаторе и ухудшение качества поверхности слитка.

Экспериментальные исследования формирования макроструктуры непрерывнолитого слитка при пульсационной продувке проводились на лабораторной МНЛЗ для сечения кристаллизатора 30Ч30 мм и скорости вытягивания слитка 1 м/мин. Температура заливки модельного сплава 350 °С. Пульсационная продувка проводилась с вакуумным всасыванием через трубку диаметром 5 мм при глубине погружения 15 мм с частотой пульсаций 0 – 5 Гц, расходом инертного газа 0 – 5 л/мин. Давление в погружной трубе находилось в пределах 0,08 – 0,12 МПа.

После проведения экспериментов проводили макроструктурный анализ. Из полученных слитков вырезали продольные темплеты, шлифовали, полировали и подвергали травлению раствором, имеющим состав: 42 г МоО<sub>2</sub>, 29 мл ННО<sub>3</sub>, 100 мл Н<sub>2</sub>О.

Исследование макроструктуры модельных слитков показало, что внутренние трещины в осевой зоне слитка отсутствуют при степени деформации до 5% и малых углах сдвига (не более 15 – 18 °). При степени деформации свыше 5% и углах сдвига около 18 ° периодически наблюдается развитие трещин выходящих на поверхность слитка, что можно объяснить потерей пластичности сплава.

Таким образом, на основании результатов физического моделирования на свинцовых модельных сплавах установлено, что использование сдвигового обжатия непрерывнолитого слитка с жидкой сердцевиной с целью снижения осевой усадочной пористости возможно при малых степенях обжатия и углах сдвига.

**Краткие выводы:**

1. Предложен комплексный способ улучшения качества стального непрерывнолитого слитка за счет пульсационной продувки металла

инертным газом в кристаллизаторе МНЛЗ и сдвигового обжатия непрерывнолитого слитка в зоне вторичного охлаждения МНЛЗ, подтвержденный предварительными и инновационными патентами РК № 19409, № 21195.

2. С использованием критериев подобия выполнено гидравлическое моделирование движения неметаллических включений в кристаллизаторе МНЛЗ при пульсационной продувке инертным газом, установлен механизм их удаления из расплава, заключающийся в том, что неметаллические включения вовлекаются вместе с подаваемым газом в образующиеся вихри, где они имеют возможность коагулировать и в дальнейшем всплывать в пристеночной области кристаллизатора.

3. Физическим моделированием, выявлен характер влияния пульсационной продувки металла инертным газом на формирование кристаллизующегося металла и установлена зависимость ширины столбчатой зоны кристаллов модельного слитка от расхода и частоты пульсаций инертного газа.

4. Физическим моделированием сдвигового обжатия непрерывнолитых заготовок в зоне вторичного охлаждения МНЛЗ на модельных слитках выявлен механизм заживления осевых усадочных дефектов и установлено, что степень их заживления при сдвиговом обжатии выше, чем при линейном.

5. На модельных слитках установлено, что использование сдвигового обжатия непрерывнолитого слитка с жидкой сердцевиной с целью снижения осевой усадочной пористости возможно при малых степенях обжатия и углах сдвига.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1 Смирнов А.Н., Пилюшенко В.Л., Минаев А.А., Момот С.В., Белобров Ю.Н. Процессы непрерывной разливки. – Донецк: Изд-во ДНТУ, 2002. – 535 с.

2 Международная конференция Биярице 1976 г. Непрерывное литье стали // Труды международной конференции. - 1982. – 478 с.

3 Быков П.О., Никитин Г.М. Способ повышения качества и эффективности производства стальных непрерывных слитков. Материалы международной научной конференции «Первые Ержановские чтения» - Павлодар: ПГУ им. С.Торайгырова, 2004. – Т.1. – С. 308 – 311.

4 Терчелли К., Дисаро Д. Непрерывное литье блюмов с мягким динамическим обжатием на заводе фирмы Posco, Корея. // Metallurgical Plant and Technology (Металлургическое производство и технология). – 2010. – №1. – С. 15 – 21.

5. Найзабеков А.Б., Ашкеев Ж.А., Лежнев С.Н. Роль сдвиговых деформаций в закрытие внутренних дефектов // Изв. Вузов. Черная металлургия. - 1999. – №10. – С.20 – 22.

6. Быков П.О. Исследование формирования однородности непрерывнолитого слитка с целью улучшения качества прокатной продукции: автореф. ... канд. техн. наук. – Караганда, 2010. – 21 с.

7. Заключение о выдаче инновационного патента на изобретение. Заявка № 2009/1232.1 «Устройство для моделирования процесса прокатки при производстве непрерывно-литой заготовки». / Сержанов Р.И., Быков П.О., Богомоллов А.В.

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г.Павлодар. Материал поступил в редакцию 27.02.2012.

П.О. БЫКОВ  
 КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ҮРДІСІНЕ КЕШЕНДІ ӘСЕР ЕТУ АРҚАСЫНДА  
 ҮЗІЛІССІЗ ҚҰЙЫЛҒАН ОРТАЛЫҚ КЕУЕКТІКТИҢ ТӨМЕНДЕУІ  
 P.O. BYKOV  
 REDUCTION OF CENTRAL POROSITY OF CONTINUOUSLY CAST INGOT  
 THROUGH COMPLEX EFFECTS ON THE CRYSTALLIZATION PROCESS

*Tүйіндемe*

*Жұмыста үзіліссіз құйылған болаттан жасалған кесектің сапасын жақсартудың кешенді тәсілін зерттеулер жүргізудің нәтижесінде ұсынылған.*

*Resume*

*During researches an integrated method for improving the quality of steel continuously cast ingot was proposed.*

УДК 621.771:666.982.24

**Г.В. ГЕНЕРАЛОВА, А.В. БОГОМОЛОВ, Н. ОЖГИХИН**  
**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОУПРОЧНЕННОГО**  
**АРМАТУРНОГО ПРОКАТА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Мероприятия по улучшению качества проката, как правило, требуют повышения капитальных и эксплуатационных затрат при производстве проката. Однако использование проката повышенного качества обуславливает

снижение капитальных и эксплуатационных затрат в тех сферах производства, где этот прокат применяют. Улучшение качества металла повышает потенциальные возможности черной металлургии в покрытии дефицита в прокате, то есть обеспечивает удовлетворение потребности в металлопрокате меньшим количеством металла с повышенными прочностными характеристиками. Упрочнение является не только эффективным способом получения высокопрочных арматурных стержней из низколегированных марок сталей, но и эффективным способом повышения прочности стержней из углеродистой стали до уровня прочности стержней из низколегированной стали в горячекатанном состоянии. Термическое упрочнение арматурных стержней из углеродистой стали обыкновенного качества марки Ст5 на класс А<sub>T</sub>-ШС позволяет заменить низколегированную горячекатанную арматурную сталь марки 35ГС класса А-Ш. В результате замены марки стали 35ГС на более мягкую и пластичную Ст5 также улучшаются условия проведения технологического процесса прокатки (стойкость валков, энергосиловые параметры и др.) [1]. Выбор марки стали Ст5 для организации массового выпуска термически упрочненного проката обоснован следующими преимуществами:

- возможностью выплавки с применением сравнительно дешевых и доступных раскислителей;
- достаточной технологичностью в производстве на всех этапах металлургического передела;
- отсутствием склонности к трещинообразованию как при деформационно-термическом упрочнении, так и при сварке.

Увеличенное содержание марганца и кремня в стали 35ГС обеспечивает повышение к устойчивости переохлажденного аустенита в интервале 400-600°С, как следствие этого, увеличению в структуре доли перлитной составляющей и упрочнению феррита за счет растворения в нем легирующих элементов. Это обуславливает повышение прочностных свойств по сравнению с классом А-II в среднем на 100 МПа при незначительном снижении пластичности и свариваемости. Однако такого повышения прочности можно достичь путем термической обработки сталей обыкновенного качества без увеличения содержания легирующих элементов.

Стержневая арматура, используемая в железобетонных конструкциях, является основным элементом, воспринимающим растягивающие нагрузки, обеспечивая тем самым прочность и надежность всей конструкции. При изготовлении железобетонных конструкций широко применяют предварительное натяжение арматуры, благодаря чему ограничивается ширина трещин в бетоне, а также повышается жесткость и выносливость

конструкций. По условиям эксплуатации арматурная сталь периодического профиля должна обладать определенным уровнем механических свойств, в первую очередь усталостной прочностью. Наряду с этим, она должна обладать достаточной пластичностью, обеспечивающей возможность перераспределения нагрузок. Кроме того, следует учитывать и другие требования, такие как склонность к коррозионному растрескиванию, свариваемость и хладостойкость [2].

В результате осуществления термического упрочнения с прокатного нагрева имеется реальная возможность повысить механические свойства (прочность и вязкость при сохранении пластичности) до уровня, при котором арматура будет соответствовать другому, более высокому классу прочности (А-IV, А-V). Механические свойства стержневой арматуры после термической или термомеханической обработки должны соответствовать требованиям ГОСТ 10884-94 (таблица 1).

Для осуществления термического упрочнения низкоуглеродистых сталей необходимы большие скорости охлаждения порядка 500°C/с. В связи с этим предлагается способ охлаждения и соответствующие конструкции охлаждающих устройств, обеспечивающие быстрое достижение температуры конца мартенситного превращения в потоке прокатного стана.

В данном случае помимо использования тепла прокатного нагрева частично предотвращается протекание процессов разупрочнения после горячей деформации, благодаря чему получаемый уровень свойств более высокий, чем при термической обработке с отдельного нагрева.

Таблица 1  
Механические свойства упрочненных арматурных сталей по ГОСТ 10884-94

Класс арматуры	Марка стали	Номинальные диаметры стержней, мм	$\sigma_b$ , МПа, не менее	$\delta$ , %
A <sub>r</sub> -III	БСт5пс, БСт5сп	10-40	590	15-14
A <sub>r</sub> -IV	10ГС2, 25Г2С	10-40	785	10-9
A <sub>r</sub> -V	20ГС, 20ХГС2	10-32	980	8-7
A <sub>r</sub> -VI	20ГС, 20ХГС2	10-32	1200 $\pm$ 20	7-6
A <sub>r</sub> -VII	20Х2Г2АЮ	10-14	1420	6
	20Х2Г2Р	16-28	1370	5

Проблема производства высокопрочных, хладостойких и дешевых сталей для строительных конструкций может быть решена рациональным совмещением легирования (микролегирования) и эффективных ресурсосберегающих режимов термического упрочнения стали с прокатного

нагрева, регламентированной (контролируемой) прокатки и ТМО с последующим ускоренным охлаждением.

Исследования взаимосвязи микро- и тонкой кристаллической структуры, дефектов кристаллической решетки и их построений, созданных во время действия на металл значительных разовых (от 7-10%) и суммарных (до 60-75%) деформаций в процессе прокатки при повышенных температурах (от 750-800 до 1150-1250°C), и свойств с параметрами обработки позволили разработать теоретические основы создания и реализации на предприятиях Украины ресурсосберегающих технологий термического упрочнения низкоуглеродистой, низко- и микролегированных сталей различных классов прочности (от С270 до С790) применительно к строительным конструкциям [3].

Установлено влияние температурно-деформационных условий прокатки на изменение параметров аустенитной и конечной микроструктур с суммарной деформацией 15-75% на конечном этапе (чистовой) прокатки в над- и межкритической областях и, соответственно, на характеристики прочности, пластичности, вязкости и хладостойкости исследуемых сталей. Определены оптимизированные, с позиций ресурсосбережения и создания дисперсной конечной структуры по типу динамической полигонизации или фрагментированной субструктуры, режимы РП и ТМО исследуемых сталей с последующим ускоренным охлаждением со скоростями от 2 -45°/с до 60-120°/с и отпуском, позволяющие получить комплекс механических свойств значительно более высокий, -чем после улучшения и РП. Четко разграничены процессы динамического возврата, полигонизации и рекристаллизации с процессами статической рекристаллизации, что необходимо для оптимизации температурно-деформационных и временных параметров процесса ТМО и обеспечения эффективного влияния их на формирование оптимальной структуры и, соответственно, высокого уровня служебных свойств строительных сталей. Оптимальные с позиций ресурсосбережения и создания дисперсных конечных структурных состояний по типу динамической полигонизации, температурно-деформационные и временные параметры прокатки и ТМО сталей ВСтЗсп, 09Г2С, 06Г2ФБ, 09Г2ФБ, 16Г2АФ, 15Г2АФДпс и 14Х2ГМР обеспечивают формирование мелкого рекристаллизованного зерна аустенита, создание полигонизованной и фрагментированной субструктуры в результате использования ускоренного охлаждения после окончания деформации.

Выбраны конкретные (в зависимости от требуемых свойств: высокая прочность - достаточная вязкость или высокая вязкость и хладостойкость - достаточная прочность) оптимизированные режимы ТМО, обеспечи-

вающие повышение трещиностойкости при сохранении пластичности и технологичности в требуемых пределах. Получены новые высокопрочные и хладостойкие материалы, позволяющие осуществить ряд принципиально новых конструктивных решений и создать экономичные надежные строительные металлические конструкции.

Повышение уровня требований НТД, низкое соотношение уровня свойств (прочности, хладостойкости, трещиностойкости) и цены низкоуглеродистых и низколегированных сталей, используемых в горячекатаном состоянии, не позволяет эффективно применять их в современных металлических конструкциях и изделиях. В связи с этим, создание способов термической и ТМО, которые позволяют получить необходимый комплекс механических и эксплуатационных свойств на обычных низкоуглеродистых и низколегированных сталях является одной из важнейших задач.

В последнее десятилетие принципиально новые высокопрочные стали для металлических конструкций получены не были. Однако микролегированные стали после контролируемой прокатки имеют гарантированно высокие характеристики прочности, пластичности, вязкости и хладостойкости. Они широко применяются при изготовлении свариваемых в полевых условиях труб большого диаметра для магистральных газо- и нефтепроводов, работающих в суровых климатических условиях и при больших давлениях, что показывает их высокую технологичность, надежность, долговечность и коррозионную стойкость в сочетании с низкой стоимостью. Поэтому целесообразно использовать эти стали для строительства.

Металлургические предприятия имеют технологические мощности и возможности для производства и упрочнения данных видов проката. Однако производители данной продукции не имеют обоснованных температурно-деформационных режимов ТМО продукции из данных материалов со стабильным уровнем механических и технологических свойств - применительно к строительным конструкциям и разработанных НТД, что сдерживает их применение.

В связи с этим, выполнен комплекс исследований, в результате чего: Разработаны и предложены предприятиям - производителям эффективные технологические режимы производства высокопрочного проката из низко- и микролегированных сталей с повышенными характеристиками прочности, пластичности, вязкости, хладостойкости и трещиностойкости по сравнению с горячекатаным состоянием, отличающегося высокой технологичностью и экономической эффективностью его применения в стальных строительных конструкциях как ответственного, так и массового назначения и НТД на их производство и применение.

Установлено влияние различных скоростей охлаждения и различных охлаждающих сред и выбраны оптимальные скорости охлаждения листов различной толщины, позволяющих фиксировать в конструкционных сталях развитую субструктуру после ТМО для оптимизации технологии производства, и повышения комплекса механических и технологических свойств листового проката.

Указанный комплекс работ реализован в создании технологий термического упрочнения и ТМО, реализующих возможности зернограничного и субструктурного механизмов упрочнения рядовых низколегированных строительных и микролегированных сталей при наиболее высоких температурах в процессе ТМО с последующим ускоренным охлаждением, что обеспечивает наряду с повышением комплекса свойств и экономией энергоресурсов и легирующих элементов, также существенное повышение возможностей прокатных станков по сравнению с классической схемой контролируемой прокатки и устранение других ее недостатков.

Получены низко- и микролегированные надежные и хладостойкие конструкционные стали разных уровней прочности с пределом текучести от 360 до 700 Н/мм<sup>2</sup> (после различных режимов ТМО), удовлетворяющие требованиям существующих СНиП 11-23-88\*, ГОСТ 27772-88 и других нормативных документов.

Вывод: В настоящее время установлено, что термическое упрочнение значительно увеличивает прочностные характеристики сталей, повышает надежность строительных изделий и конструкций. Высокопрочные арматурные профили найдут широкое применение во многих современных строительных конструкциях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Канаев А.Т., Сержанов Р.И., Богомолов А.В. особенности упрочняющей обработки арматурной стали в линии прокатного стана. Труды межд. конференции «Современные проблемы механики, строительства и машиностроения», том 1 – Павлодар, 2006. - с.133-138.
- 2 Богомолов А.В., Сержанов Р.И., Маздубай А.В., Иксан Ж.М. Оценка характеристик термоупрочненной арматурной стали - Материалы международной научно-практической конференции «Энергоресурсосберегающие технологии – основа индустриально-инновационного развития». – Павлодар, 2008. – с. 91 – 94.
- 3 Термомеханическая обработка металлических материалов - Сборник материалов конференции «Бернштейновские чтения»- М., 2004. - 88с.



Машиностроительный колледж, г. Павлодар;  
Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова,  
г. Павлодар. Материал поступил в редакцию 27.02.2012.

Г.В. ГЕНЕРАЛОВА, А.В. БОГОМОЛОВ, Н. ОЖГИХИН  
ҚҰРЫЛЫСТА ТЕРМОБЕРІКТІЛІГІ ЖОҒАРЫ ТЕМІРСЫМНЫҢ  
ҚОЛДАНЫЛУЫ  
G.V. GENERALOVA, A.V. BOGOMOLOV, N. OZHGININ  
APPLICATION OF HEAT STRENGTHENED REINFORCING BARS  
IN CONSTRUCTION

*Түйіндемe*

*Мақалада болаттың термоберіктік болаттың құрлым сапасын және құрылыста құрылым мен бұйымдардың беріктігін жоғарлатады.*

*Resume*

*The article discusses the fact that curing greatly increases the strength characteristics of steels, increases the reliability of construction materials and structures.*

УДК 621.91

**А.И. ДЕНЧИК**  
**АНАЛИЗ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ**  
**С УЧЕТОМ СКОЛЬЖЕНИЯ В НАПРАВЛЕНИИ**  
**КАСАТЕЛЬНОЙ К РЕЖУЩЕЙ КРОМКЕ**

Машиностроение и металлообработка непрерывно находятся в процессе постоянного развития и совершенства, а их главной задачей является обеспечение выпуска высококачественной, конкурентоспособной техники. Повышение конкурентоспособности продукции напрямую связано с улучшением свойств изделий, полученных в результате формирования поверхностного слоя при обработке резанием. Поверхностный слой деталей определяет качественно новую совокупность свойств изделий. На качество поверхностного слоя при всех методах механической обработки (лезвийная, абразивная и отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием) оказывают влияние следующие факторы: геометрия рабочей части инструмента и кинематика его рабочего движения относительно

обрабатываемой поверхности; колебательные перемещения инструмента относительно обрабатываемой поверхности; упругие и пластические деформации обрабатываемого материала заготовки в зоне контакта с рабочим инструментом; шероховатость рабочей части инструмента; вырывы частиц обрабатываемого материала. В зависимости от условий обработки степень влияния каждого из этих факторов на образование геометрии поверхности будет различной. Следовательно, не смотря на имеющиеся высокие достижения в области резания материалов, при изменении кинематики рабочего движения инструмента относительно обрабатываемой поверхности, а также управляя процессом упругих и пластических деформаций обрабатываемого материала в зоне контакта с рабочим инструментом, можно получить качественно новое состояние поверхностного слоя изделий.

Важное значение для выпуска качественной продукции имеет величина и составляющие сил резания при обработке. В общем случае их можно определить по следующей формуле:

$$R = N + F = P_x + P_z,$$

где N – нормальная сила;

F – сила трения;

$P_x$  – осевая сила;

$P_z$  – тангенциальная сила.

R – сила резания.

Для повышения качества обработки отверстий разрабатываются новые металлорежущие инструменты, такие как двухвершинное спиральное сверло без поперечной кромки; зенкер-протяжка, развёртка-протяжка и др. Так как металлорежущие инструменты разработаны впервые, и при их работе имеет место скользящее движение в направлении касательной к ГРК, то необходимо теоретически исследовать процесс резания и получить эмпирические зависимости  $R = f(V, S)$ . При проведении экспериментальных исследований значения  $P_x$  и  $P_z$ , определяются по формулам:

$$P_x = C_x \times V^n \times S^m; P_z = C_z \times V^p \times S^q$$

Определение силы резания и ее технологических составляющих при обработке осуществляется в следующей последовательности.

1. Физические составляющие, действующие на точку (А) главной режущей кромки металлорежущего инструмента (ГРК МРИ) при обработке (рисунок 1)

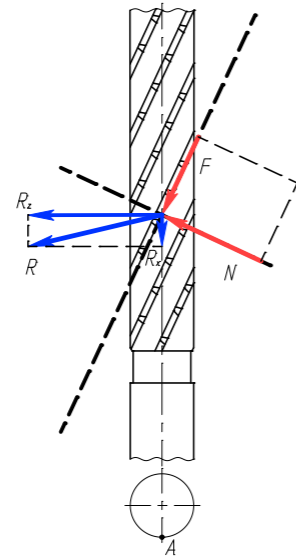


Рисунок 1 – Система сил

2. Технологические составляющие системы сил – действующие на точку (А) ГРК МРИ при обработке, рисунок 2. Сила упругого отжатия –  $P_y$ , уравновешивается силами, действующими на других режущих кромках.

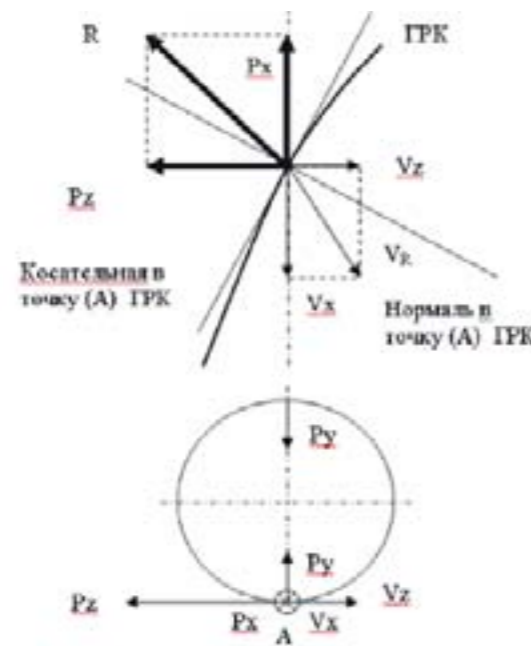


Рисунок 2 – Кинематика резания

3. Определим работу резания на основе технологических составляющих силы резания  $P_z, P_x$ .

Анализируя технологические составляющие силы резания  $P_z, P_x$ , а также характер движения  $V_x, V_z$  сообщаемый МРИ рабочими органами оборудования рассмотренными в пункте 2, работу затрачиваемую на процесс резания определим согласно выражения:

$$A_{об} = A_x + A_z = P_x \times V_x + P_z \times V_z$$

4. Рассмотрим систему сил и движений при наличии скользящего движения в направлении касательной к ГРК.

$V_c$  – скорость скольжения точки (А) ГРК, в направлении касательной к ГРК.

$V_p$  – скорость резания точки (А) ГРК, в направлении перпендикулярном к ГРК, и соответственно составляющие силы резания  $R, P_r$  и  $P_c$  в этих же направлениях, рисунок 3, тогда

$$A_{об} = P_r \times V_p + P_c \times V_c$$

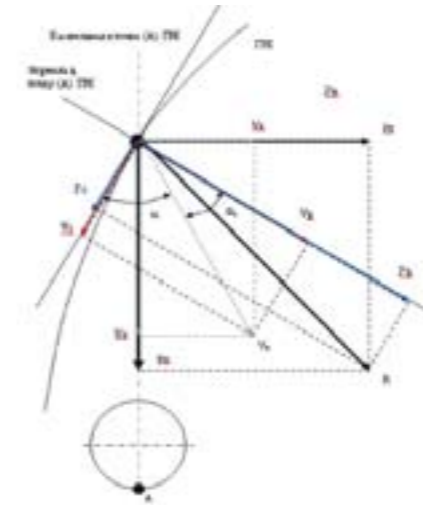


Рисунок 3 – Составляющие силы резания

5. Принципы схематизации процесса резания изложенные в П4 дают основание для анализа процесса резания с движением скольжения по касательной к ГРК по схеме представленной в П5, см. рисунок 4. В этом случае при условии  $V_c \perp V_p$ , а  $P_c \perp P_r$ ,

$$A_{об} = A_c + A_p = P_r \times V_p + P_c \times V_c$$

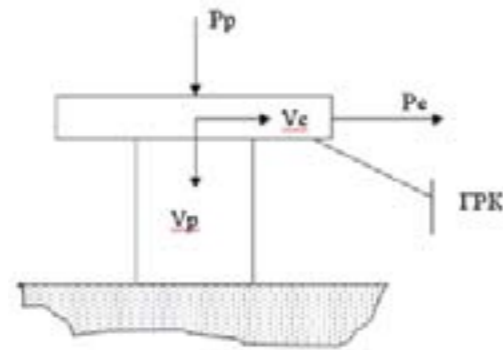


Рисунок 4 – Анализ процесса резания с движением скольжения

6. Накопленный практический опыт в области механической обработки резанием показывает что при наличии скольжения вдоль ГРК т.е.  $V_c \neq 0$ , процесс резания становится менее энергозатратным. На наш взгляд это можно оценить при помощи коэффициента К.

$$K = A_p / A_{об}$$

Проанализируем область определения К.

При  $V_c = 0$ ,  $A_{об} = A_p$ ,  $A_{об} = P_p * V_p$ , значит  $K = 1$ .

При  $V_c \rightarrow \infty$ ,  $A_c \rightarrow \infty$ ,  $A_{об} \rightarrow \infty$ , значит  $K = 0$ ,

или  $V_p = 0$ , нет резания, только скольжение т.е.  $A_p = 0$ ,  $A_{об} \neq 0$ , значит  $K = 0$ .

Таким образом следует считать что коэффициент К принадлежит интервалу 0 – 1,

$$K \in (0, 1).$$

$$K = \frac{A_p}{A_{об}} = \frac{V_p * P_p}{V_p * P_c + V_c * P_s}$$

$$K = \frac{V_{об} * \cos \alpha_1 * P_s}{V_{об} * \cos \alpha * P_p + V_{об} * \sin \alpha * P_c} = \frac{P_s * \cos \alpha_1}{P_p * \cos \alpha + P_c * \sin \alpha}$$

7. Анализ характера изменения коэффициента К представляет дальнейший научный и практический интерес, который будет выполнен и изложен в последующих работах, однако уже сейчас ясно что при наличии скольжения ( $P_c * \cos \alpha \neq 0$ ,  $K = A_p / A_{об} \leq 1$ , что свидетельствует о повышении эффективности процесса резания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сулов А.Т., Дальский А.М. Научные основы технологии машиностроения. - М.: Машиностроение, 2002. - 684 с.
- 2 Маруняч В.А. Новый процесс скользящего резания материалов. НметАУ, г. Днепрпетровск, Украина.
- 3 Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. – М.: Машиностроение. 1975. – 344 с.

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г.Павлодар. Материал поступил в редакцию 27.02.2012.

А.И. ДЕНЧИК  
 КЕСУ ПРОЦЕССИНДЕ СЫРФАНАУДЫ ЕСЕПКЕ АЛА ТАЛДАУ  
 КЕСКІШ ЖИЕГІНЕ БАҒЫТТАЛҒАН  
 A.I. DENCHIK  
 ANALYSIS OF THE CUTTING PROCESS CONSIDERING SLIDING  
 OF THE TANGENT IN THE DIRECTION TO THE CUTTING EDGE

*Tүйіндемe*

*Жұмыста соңғы 30 жылдың аралығында ғылым ретінде машина жасау технологиясын дамытуға талдау жүргізілді. Автор бұйымның қасиетін оңдеу әдісін қолдануда жоғарғы қабатқа әсер етуіне байланысты бірнеше факторларды болді.*

*Resume*

*This paper analyzed development of the mechanical engineering technology as a science over the past 30 years. The author identified a number of factors that influence the quality of the surface layer, using the processing techniques improving the product properties.*

УДК 621.941.1

**Н.С. ДУДАК**  
**СПОСОБ ТОЧЕНИЯ И БЕЗВЕРШИННЫЙ**  
**ПРОХОДНОЙ ТОКАРНЫЙ РЕЗЕЦ**

При обработке токарными резцами традиционной конструкции существует источник нестабильного формирования обрабатываемой поверхности, который есть вершина резца, являющаяся самым слабым местом

инструмента, постоянно формирующим неблагоприятную по параметрам шероховатость обработанной поверхности как винтовую пространственную линию треугольного профиля с быстроизнашивающимися наружными теоретическими линиями контакта вместо теоретического цилиндра обработанной поверхности. Кроме того, точка вершины токарного проходного резца как самое слабое место на двух сопряжённых клиньях главной и вспомогательной режущих кромок, сравнительно быстро изнашивается и вызывает постепенное увеличение обрабатываемого диаметра детали и снижает стойкость резца.

Предложена конструкция безвершинного проходного токарного резца для обработки наружных поверхностей тел вращения, т.е. цилиндрических валков, конических поверхностей и им подобных деталей новым способом при отсутствии вершины резца. Режущая кромка безвершинного токарного проходного резца образована расположенными на одной линии главной и вспомогательной режущими кромками, сливающимися в одну режущую кромку. Схема обработки показана на рисунок 1. Способ обработки поясняется рисунками 1, 2 и 3 на которых показаны: рабочие движения заготовки и инструмента, формируемая стружка и формируется предлагаемая область применения способа и резца.

При снятии больших припусков на черновой обработке применяется большая глубина резания, которая в случае использования безвершинного токарного проходного резца приведёт к возрастанию мощности резания и снижению эффективности обработки. По этой причине безвершинный токарный проходной резец предлагается использовать для чистовой обработки наружных поверхностей деталей типа валов, втулок, цапф, конусов.

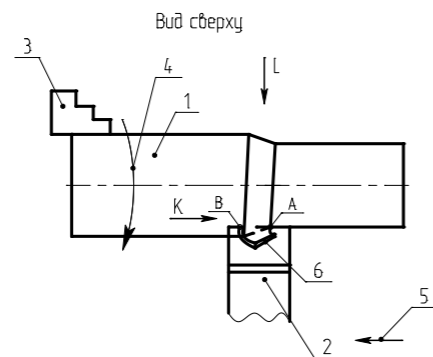


Рисунок 1 – Схема обработки деталей безвершинным проходным токарным резцом

На рисунках 1 и 2 (вид К): 1 – заготовка; 2 – токарный проходной безвершинный резец, А-В – ширина срезаемой стружки, С-Д – длина режущей кромки.

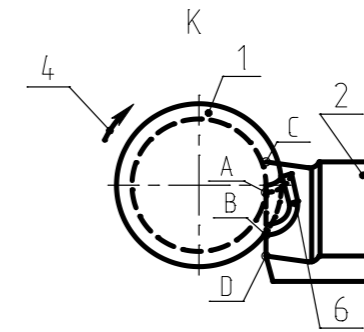


Рисунок 2 – Взаимное положение резца и заготовки (вид К)

На рисунке 3 показано взаимное положение резца и заготовки на виде по стрелке L. Цифрой 7 обозначен угол наклона режущей кромки относительно направления подачи и горизонтальной линии (оси заготовки).

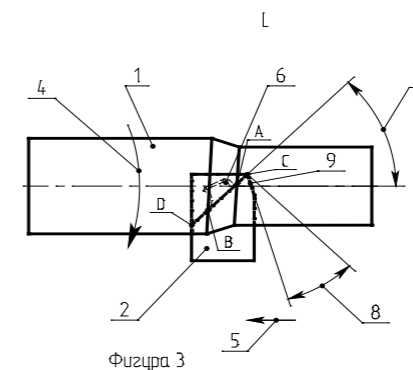


Рисунок 3 – Взаимное положение резца и заготовки (вид L)

Предложенный резец имеет одну заднюю поверхность и один задний угол. Для создания более благоприятных условий резания рабочая часть выполнена без вершины и потому резец назван безвершинным (главная и вспомогательная режущие кромки расположены на одной линии и образуют одну режущую кромку с углом в плане при вершине 180°, условное расположение исключённой вершины – на точке пересечения режущей кромки с продольной плоскостью симметрии державки). Единственная режущая кромка расположена перпендикулярно продольной оси резца и при работе находится в рабочей плоскости, перпендикулярной основной плоскости и касательной к

обработанной поверхности. Теоретическая точка контакта резца и обрабатываемой поверхности в момент контакта при нулевой глубине резания находится на образующей в сечении горизонтальной плоскостью, проходящей через ось заготовки. В теоретической точке контакта (которая располагается в середине линии контакта резца и срезаемого слоя) режущая кромка фактически делится на главную и вспомогательную режущие кромки в кинематике, что обусловлено кривизной обработанной поверхности в поперечном сечении. Таким образом, при работе возникают в кинематике равные по величине главный и вспомогательный углы в плане. Потому указанный резец имеет переменные (сходящиеся к нулю в теоретической центральной точке контакта с обработанной поверхностью, что создаёт эффект присутствия выглаживающей кромки на реальной линии контакта) главный и вспомогательный кинематические углы в плане, угол наклона режущей кромки, один задний угол. Деление режущей кромки на главную и вспомогательную (в связи с появлением реальных главного и вспомогательного кинематических углов в плане за пределами реальной линии контакта с обработанной поверхностью) является условным, так как положение упомянутой теоретической точки контакта зависит от нерегламентированного положения резца по высоте в резцедержателе для использования всей длины режущей кромки и полного ресурса резца; задний угол на резце остаётся неизменным. На верхней и нижней частях режущей кромки выполнена предохранительная подточка под углами 8 на рисунок 4. Конструкция и геометрия безвершинного токарного проходного резца приведены на рисунок 4.

При точении новым резцом уменьшается износ и увеличивается стойкость резца, повышается качества обработанной поверхности, в том числе снижение шероховатости, что особенно важно при чистовой обработке. В новом инструменте отсутствует вершина резца, повышается прочность лезвия, уменьшаются силовые и термические напряжения на режущей кромке, в центральной части зоны контакта режущей кромки резца и заготовки создаются хорошие условия для зачистки обработанной поверхности прямой линией режущей кромки.

Таким образом, токарный проходной безвершинный резец имеет одну режущую кромку, является более простым из-за отсутствия вспомогательной задней поверхности и вершины, имеет меньшую трудоёмкость изготовления и заточки и потому требует меньше затрат на эксплуатацию. В его конструкции предусмотрены верхняя и нижняя предохранительные кромки, хотя они редко могут понадобиться. Резец может быть изготовлен из быстрорежущей стали или оснащён пластинами из твёрдого сплава и других инструментальных материалов. При работе резец устанавливается

в резцедержателе по высоте с помощью специальных регулировочных пластин для установки и включения в работу новых участков режущей кромки. Исходя из выше описанных отличительных особенностей, у безвершинного резца (в кинематике) имеется пять геометрических параметров (углов) вместо шести у традиционного проходного токарного резца (в статике) за счёт исключения вспомогательного заднего угла: передний угол, задний угол, угол наклона режущей кромки; главный и вспомогательный кинематические углы в плане (не измеряемые, а расчётные); главный и вспомогательный углы в плане в статике равны нулю. В статике безвершинный резец имеет только три геометрических параметра: передний угол, задний угол, угол наклона режущей кромки.

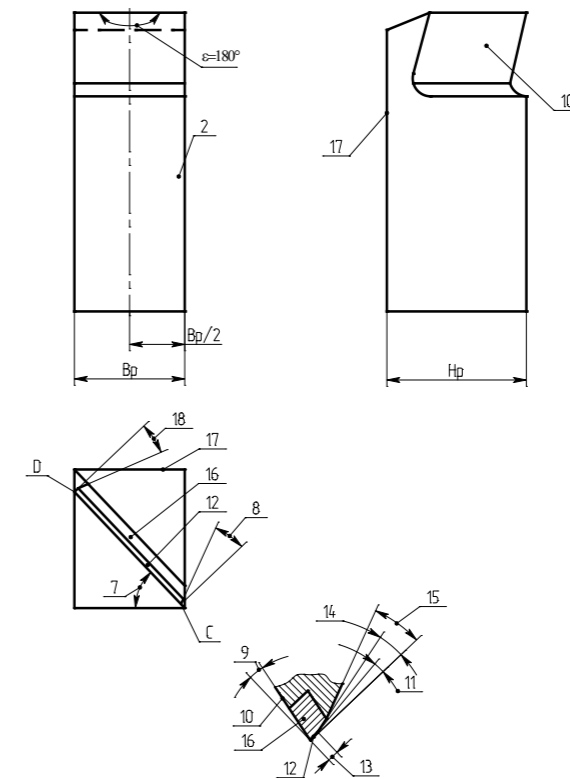


Рисунок 4 – Конструкция безвершинного токарного проходного резца

Предлагаемый новый инструмент – безвершинный токарный проходной резец – позволяет повысить эффективность чистовой обработки наружных поверхностей тел вращения по сравнению с обработкой традиционным токарным проходным резцом за счёт отсутствия вершины резца: повышения стойкости, многократного повышения общего ресурса

инструмента, повышения качества обрабатываемой поверхности, снижения температуры и удельной нагрузки на режущие кромки в зоне резания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Родин П.Р. Основы проектирования режущих инструментов. - Киев: Вш. 1986. – 455 с.
- 2 Сахаров Г.Н., Арбузов О.Б., Боровой Ю.Л., Гречишников В.А., Киселев А.С. Металлорежущие инструменты. - М.: Машиностроение, 1989. – 327 с.
- 3 Семенченко И.И., Матюшин В.М., Сахаров Г.Н. Проектирование металлорежущих инструментов. - М.: Машиностроение, 1963. – 952 с.

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г.Павлодар. Материал поступил в редакцию 27.02.2012.

Н.С. ДУДАК  
ҚАЙРАУ ТӘСІЛІ ЖӘНЕ ҰШЫ ЖОҚ ӨТКІНШІ ЖОҢҒЫШ АСПАП  
N.S. DUDAK  
METHOD OF TURNING AND PASSING PEAKLESS LATHE TOOL

*Түйіндеме*

*Мақалада ұшы жоқ өткінші жоңғыш аспап конструкция ұсынылған, ал дененің сыртқы жағын айналдыру, жоңғыз ұшының жоқтығынан жаңа тәсіл бөлігін оңдеу үшін қолданылған.*

*Resume*

*The paper presents the design of the passing peakless lathe tool for processing of external surfaces of rotation solids, conical surfaces, and similar details in a new way in absence of the tool's top blade.*

ӨОЖ 629.4

**С.Т. ДҮЗЕЛБАЕВ, Г.Г. АЛУШАЕВА, Ю.В. ПЫШНОЙ  
ЖҮК ВАГОНЫ АРБАСЫНЫҢ БҮЙІР РАМАСЫНЫҢ  
БЕРІКТІГІН АҚЫРҒЫ ЭЛЕМЕНТТЕР  
ӘДІСІМЕН ЗЕРТТЕУ**

«Аумағымыздың ауқымын және экономикамыздың шикізаттық бағдарын ескерсек, Қазақстанда жүк тасымалының негізгі көлемі теміржол

арқылы жүзеге асырылатын болады. Көліктің осы түрінің алдында тұрған стратегиялық міндеттерді іске асыру үшін басымдықтар ретінде мыналарды атау керек:

— Халықаралық көлік және сауда байланыстарын, сондай-ақ Транс-азия магистралі бойынша транзиттік жүк тасқынын қамтамасыз ететін негізгі теміржол бағыттарын жаңарту;

— Достық станциясын дамыту мен Достық — Ақтоғай учаскесін нығайтуды аяқтап, оның өткізім қабілетін жылына 10 млн. тонна жүк тасымалына дейін жеткізу...» деп, Қазақстан Республикасының президенті Н. Ә. Назарбаев 1997 жыл 11 қазандағы республика халқына «Қазақстан — 2030» Жолдауында атап өтті.

Осы «Қазақстан-2030» стратегиясын жүзеге асыруда ең алғаш 2001 жылдың маусым айында Ақсу бекетін (Павлодар облысы) Конечная (Дегелең) бекетімен жалғастыру болды. 184 шақырымға жеткен «Ақсу – Конечная» жолы 2,5 жылда тұрғызылды. Бұл жол Қазақстанның Солтүстігін Шығысымен жалғастырды.

Екінші жол Солтүстік Қазақстанды Батыспен жалғады. Хромтау – Алтынсарин (Қостанай облысы) жол бөлігінің құрылысын 2003 жылдың 18 қазанында аяқтады. Магистральдік жол ұзындығы 402,5 км, станциялық жол ұзындығы 40,22 км құрады.

Үшінші, Өскеменді Шар (Түркісіб) бекетімен жалғастырған жол құрылысы ресей шекарасын екі рет өтуден арылтты. Себебі, ертеректе Шығыс Қазақстанды жалғайтын жолдар ресейдің Локоть бекеті арқылы өтетін, яғни құрамдар Қорған (Өскемен) – Локоть – Семей бағдарымен жүретін. 2008 жылдың 9 қазанында Шар – Өскемен станцияларын жалғайтын жол құрылысы аяқталды. Ұзындығы 153 км негізгі теміржол полотнасы және 14 км-ден артық бекеттік жол салынды.

«Жаңа онжылдық – жаңа экономикалық өрлеу – Қазақстанның жаңа мүмкіндіктері» атты стратегия негізінде Халықаралық көлік дәліздері салынады. Бірінші, Қорғас – Жетіген бекетімен жалғайды. Ұзындығы 298,4 шақырымға жететін бұл жол бөлігі Қытаймен жалғайтын дүние жүзінде екінші жол болмақ. Бұл жағдайда Қытайдан Қазақстанның оңтүстік өңірлері және Орталық Азияның елдері арасындағы жол қашықтығы шамамен 500 шақырымға қысқармақ. Жолдың пайдалануға берілуі 2012 жылға жоспарлануда.

Екінші, Өзен – Түркіменстан елінің шекарасымен жалғайтын жол болмақ. Берілген бөліктің ұзындығы 146 шақырым. Жол қолданысқа 2012 жылы беріледі деп жоспарлануда.

Қазақстан Республикасының экономикалық дамуының басым мәселесі Президент Н.Ә. Назарбаев көтерген - Көліктік машина жасау саласы.

Осы сала бойынша Трансмашхдинг және Alstom (Франция) технологиялық базасында ресейлік және франциялық жинақтаушылармен электртасымалдаушылар құрастырылуда. Сонымен қатар Екібастұз станциясында жартылай вагондарды өндіру қолға алынды.

Теміржол көліктік машина жасау саласы еліміз үшін жаңа сала. Сондықтан да машиналар мен оның элементтерінің жұмыс жасау қабілеттігін зерттеу облысында жаңа мәселелерді көтереді. Бұйымдардың конкуренттік қабілеттік жетістігін анықтаушы, олардың беріктілігін, сенімділігін және ұзақ тұрақтылығын жоғарлату, құрылымның «қауіпті жерлерін» нақты анықтаумен байланысты. Берікті құрылымды жобалау үшін кең қолданыстағы, заманайғы, өте тиімді ақырғы элементтер әдісін қолдану.

Жүк вагондарын пайдалану барысында вагон арбасының бүйір рамасында сызаттар пайда болып, арты жол апаттарына әкеледі (1-сурет).



1- сурет

Қазақстан темір жолы компаниясы бойынша жүк вагондарының бүйір рамаларының қирауы жөнінде статистикалық санақ жоқ, ал ресей бойынша 2001 – 2001 жж. санақ 2-суретте келтірілген.

Сонымен, жүк вагон арбасының элементі – бүйірлік раманың кернеулі-деформациялы күйін зерттеу мәселесі көтерілді.

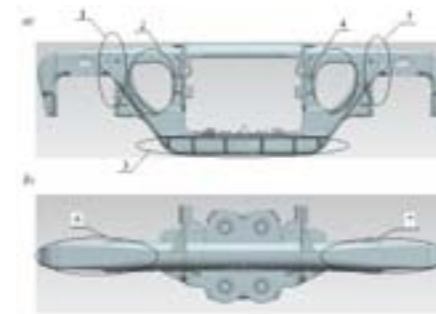
Ақырғы элементтер әдісі (АЭӘ) жаңа бұйымдарды дайындау шығындарын айтарлықтай азайтуға жағдай жасайды, өйткені қымбат тұратын сынақтардың көлемін азайтуға немесе мүлдем қолданбауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, АЭӘ көмегімен құрылымдардың әртүрлі нұсқаларының сипаттамаларын қысқа мерзім аралығында бағалауға және тиімдісін іріктеуге болады.



2- сурет

Есептеу үшін ЦНИИ ХЗ О типті вагон арбасының бүйірлік рамасының 4 нұсқалы құрылымы қарастырылды. Құрылым материалы 977-88 МЕСТ бойынша Сталь 25Л (3-сурет).

Қатты денелі модельді тұрғызу үшін Siemens NX программасының CAD-пакеті пайдаланылды. Геоматриалық модельдеу әдісі қолданылды. Әдістің мәнісі моделдің геометриялық шектерін сипаттау, элементтердің размерлерін және қажетті формаларын бақылау шараларын тағайындау. Ақырғы қатты денелі элемент ретінде тетраэдра алынды (4-сурет), өйткені іс жүзінде нақты құрылым үш өлшемді кеңістіктегі шомбал дене. Оны екі өлшемді түрде кескіндеу мүмкін емес.



3- сурет

Есептеу тік жазықтықта жататын статикалық жүктемелермен жүргізілді:  $P_1 = 47600 \text{ Н}$ ;  $P_2 = 95200 \text{ Н}$ ;  $P_3 = 47600 \text{ Н}$ ;  $P/2 = 166500 \text{ Н}$ . Серпімділік теориясының статикалық кеңістік есебін модельдеу Siemens NX программасының CAD-пакетінде жүргізілді (4-сурет).



4- сурет

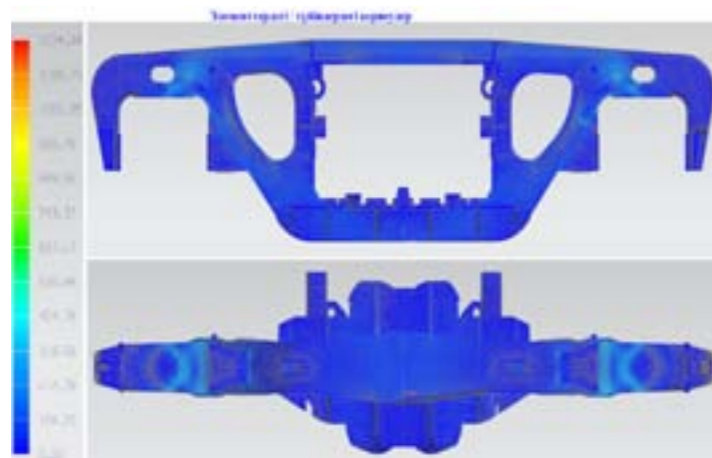
АЭ-торында тек сызқты кеңістіктік тетраэдралы элементтер алынды. Бұл элементтердің төбелерінде төрт түйіннен. Бұл сияқты кескін үйлесімі элементтің көлемінде орын ауыстырудың сызқтық өзгеруін қамтамасыз етеді. Олай болса, орын ауыстырудан координаттар бойынша алынатын туындылардың сызқтық комбинациясы – деформация, элемент ішінде тұрақты шама. Кернеулердің де мағынасы тұрақты.

Раманың қатты денелі моделі тұрғызығанда раманы ұзындығы 7 мм болатын тетраэдралық тормен 336416 элементке бөлінді. Тордағы түйіндер саны 104565 болды.

Бүйірлік раманың 3, a, b-суреттерінде көрсетілген аймақтарының кернеулі-деформациялы күйі зерттелді.

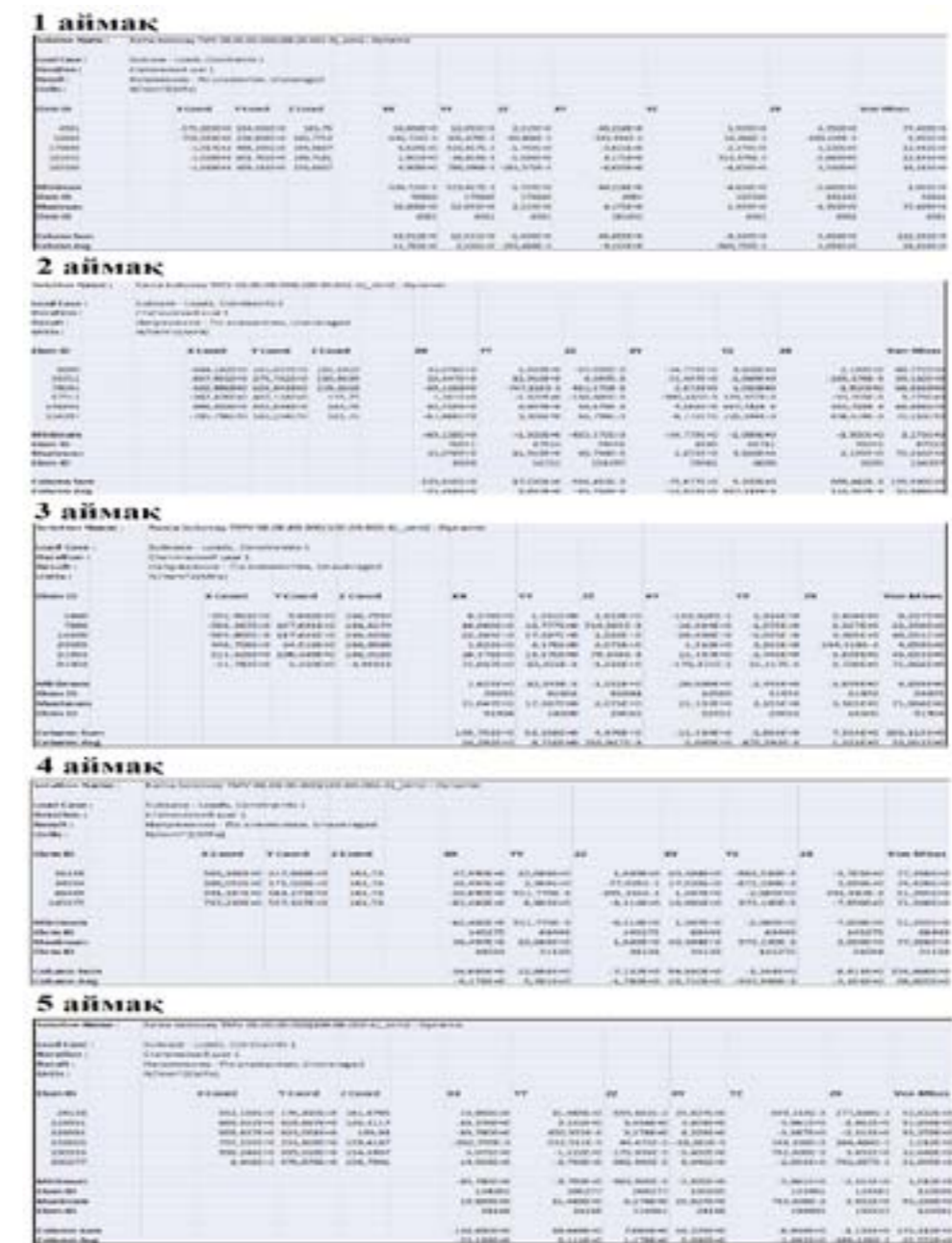
Siemens NX программасының CAE-пакетінде қойылған есеп шешіліп, қарастырылған аймақтардағы кернеулердің, орын ауыстырулардың және деформациялардың сандық нәтижелері графиктік, кестелік және диаграммалық түрде алынды.

5-суретте есептеу моделінің элементтеріндегі және түйіндеріндегі кернеулердің таралуын көрсететін диаграмма көрсетілген.



5- сурет

3-суретте көрсетілген 1...7 аймақтардағы сәйкес элементтер мен түйіндердегі кернеулердің мәндері 6-суретте келтірілген.



6- сурет



**6 аймақ**

Item ID	X Coord	Y Coord	Z Coord	XX	YY	ZZ	XY	YZ	ZX	Max Min
72214	422,7017+0	402,3380+0	154,5511	-46,5467+0	1,3721+0	-201,7986+0	-1,8496+0	1,0196+0	2,3067+0	48,0531+0
72004	505,6121+0	416,0880+0	16,4020	44,5304+0	-1,2476+0	-1,3040+0	-1,9678+0	1,6758+0	-4,7101+0	81,4030+0
145429	507,4017+0	403,8380+0	148,3036	20,6867+0	-2,7470+0	-11,4347+0	1,8130+0	2,2710+0	105,5170+0	20,4030+0
145700	507,4017+0	403,8380+0	14,5292	-1,1576+0	-2,2968+0	-4,3404+0	1,4798+0	-1,7176+0	2,7101+0	20,1176+0
Minimum				44,5304+0	-1,2476+0	-11,4347+0	-1,9678+0	1,6758+0	-4,7101+0	20,1176+0
Item ID				72004	145429	145429	72214	145700	72004	145700
Maximum				-7,0770+0	-1,1670+0	-201,7986+0	1,4798+0	2,2710+0	2,7101+0	81,4030+0
Item ID				145700	72004	72214	145700	145429	145700	72004
Minimum				-180,4137+0	-7,8340+0	22,3407+0	1,8710+0	802,0648+0	2,1685+0	182,1150+0
Item ID				145700	72004	72214	145700	145429	145700	145700
Maximum				-49,5710+0	-1,6940+0	-1,5020+0	887,2486+0	2,2282+0	1,7020+0	48,5790+0

**7 аймақ**

Item ID	X Coord	Y Coord	Z Coord	XX	YY	ZZ	XY	YZ	ZX	Max Min
10011	470,7400+0	417,8992+0	154,5511	-34,6890+0	1,3347+0	-1,0117+0	1,7740+0	430,1497+0	-1,8197+0	79,4292+0
10980	411,1176+0	429,4264+0	20,5292	-16,2228+0	1,8279+0	1,6048+0	1,6010+0	1,7084+0	4,9199+0	29,2376+0
113843	411,8700+0	403,8380+0	18,5277	1,3470+0	-1,1101+0	-1,2870+0	1,7770+0	1,2882+0	-7,0770+0	18,4112+0
178471	417,4760+0	407,4476+0	110,2967	17,4828+0	-1,4024+0	-1,9410+0	-1,1810+0	1,4621+0	405,0136+0	10,9086+0
111458	418,8256+0	402,7180+0	154,5511	-44,8380+0	-4,4790+0	2,8270+0	-1,3401+0	1,8280+0	-202,4506+0	11,9612+0
Minimum				-16,2228+0	-1,4024+0	-1,2870+0	-1,1810+0	-1,2001+0	-7,0770+0	10,9086+0
Item ID				10980	113843	113843	113843	113843	113843	113843
Maximum				-1,2476+0	1,8279+0	1,6048+0	1,6010+0	1,7084+0	4,9199+0	29,2376+0
Item ID				113843	10980	10980	10980	10980	10980	10980
Minimum				-187,8270+0	-6,5140+0	11,1390+0	-441,4880+0	1,8710+0	-4,8800+0	182,1150+0
Item ID				113843	10980	10980	10980	10980	10980	10980
Maximum				-17,3276+0	-1,7010+0	-1,0420+0	-41,4386+0	1,7020+0	-1,2304+0	40,7104+0

Есептеу нәтижесі (5, 6-суреттер) арбаның бүйір рамасының технологиялық тесікпен технологиялық ойық төңірегінде үлкен кернеулердің шоғырлануын көрсетеді, яғни құрылымның «қауіпті жерлерін» нақты анықтайды.

Сонымен, жүк вагон арбасының бүйірлік рамасының беріктілігін, сенімділігін арттыру үшін аталмыш аймақтардың қатандығын жоғарлату қажет.

**ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ**

- 1 ГОСТ Р 53077-2008 (ЕН 13749:2005) Рельсовый транспорт. Правила проектирования и испытаний конструкции рамы тележки.
- 2 Данилов Ю., Артамонова И. Практическое использование NX. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 332 с.
- 3 Дүзелбаев С.Т., Омарбекова Ә.С. Есептеу механикасы. Оқулық жоғары кәсіптік мамандар дайындайтын техникалық оқу орындарының

студенттеріне арналған. – Алматы: ҚР Жоғары оқу орындарының қауымдастығы. – ЖШС РПБК «Дәуір», 2011. – 312 б.

4 Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М: Наука, 1975. – 541 с.

5 Расчет вагонов на прочность. Вершинский С.В. и др. Изд. 2-е/Под ред. Л.А. Шадура. – М.: Машиностроение, 1971. – 432 с.

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г.Астана;

Главный конструктор бюро конструирования и машиностроения, КЖД, г. Астана. Материал поступил в редакцию 27.02.2012.

С.Т. ДУЗЕЛЬБАЕВ, В.Ю. ПЫШНОЙ, Г.Г. АЛУШАЕВА  
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ БОКОВОЙ РАМЫ ТЕЛЕГИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ  
S.T. DUZELBAYEV, V.J. PYSHNOY, G.G. ALUSHAYEVA  
RESEARCH OF DURABILITY OF THE LATERAL FRAME OF THE FREIGHT CARRIAGE CART BY METHOD OF EVENTUAL ELEMENTS

*Түйіндемe*

*В статье рассматривается исследование напряженно-деформированное состояние боковой рамы тележки грузового вагона.*

*Resume*

*In the article the research of the tensely-deformed state of the lateral frame of the freight carriage light cart is examined.*

УДК 621.771.002.51

**Г.М. ЖАНАБАЕВА, Р.И. СЕРЖАНОВ, А.В. БОГОМОЛОВ  
СТОЙКОСТЬ ОПРАВОК ПРОШИВНОГО СТАНА**

В 2008 году в Павлодаре в присутствии Президента Республики Казахстан Нурсултана Абишевича Назарбаева был запущен новый завод по производству бесшовных труб нефтяного сортамента ПФ ТОО “KSP Steel”.

Технология производства труб предусматривает прошивку круглой заготовки для получения полрой гильзы. При этом внутренняя полость гильзы формирует технологический инструмент – прошивная оправка.

Во время работы оправки подвергаются длительному циклическому воздействию высоких температур и больших давлений, поэтому материал оправок должен обладать высокой прочностью, термостойкостью и повышенной теплопроводностью. Даже при высокой прочности материала, но при недостаточной его термостойкости и теплопроводности, носок оправки быстро разогревается, теряет форму и оправка выходит из строя. Кроме того, поверхность оправки не должна свариваться с прокатываемым металлом. Это достигается образованием окисной пленки на поверхности оправки при термообработке и при контакте ее во время работы с прокатываемым металлом.

На стойкость оправок оказывает существенное влияние большее количество факторов: химический состав материала и режим термообработки оправок, их калибровка, марка прокатываемой стали, качество нагрева заготовок, режим прокатки, условия охлаждения оправок. В настоящее время в качестве материала оправок широко применяется сталь марки 20ХН4ФА, содержащая 0,17–0,24% С; 0,25–0,35% Мп; 0,17–0,37% Si; 0,7–1% Cr; 3,17–4,25% Ni; 0,15–0,30% V.

На прошивном стане освоена работа на водоохлаждаемых оправках (рисунок 1), которым придают форму ковкой в специальных штампах. Послековки оправки подвергают термической обработке и в ряде случаев носок оправки металлизуют.

Охлаждаются оправки снаружи и изнутри. Во время прокатки вода для охлаждения оправки изнутри подается через стержень под давлением 1,0–1,2 МПа. В паузах между прокаткой она дополнительно охлаждается водой снаружи. При таком режиме работы на одной оправке прошивают 400 – 500 заготовок длиной 1,7 – 2,0 м.

В процессе исследований определяли оптимальную форму оправок для прошивки на повышенных углах подачи и выясняли влияние на стойкость оправок режимов прокатки. Были всесторонне испытаны сферические оправки, изготовленные по трем вариантам калибровок. Первый и второй варианты предназначались для получения гильз диаметром 136 – 138 мм (диаметр заготовки 140 мм), третий вариант – для прошивки заготовок в гильзы диаметром 140 – 143 мм.

Оправки второго варианта калибровки по сравнению с первым имели более вытянутую форму рабочего (на 10 – 20 мм) и калибрующего (на 12 – 15 мм) участков. В соответствии с этим увеличилось отношение длины рабочей части к диаметру с 1,7 до 1,9 и общей длины к диаметру с 2,15 до 2,4. Усредненный угол конусности рабочего участка, наоборот, уменьшился с 12 – 14° до 10 – 12°.

Угол конусности участка раскатки в первом варианте калибровки был равен 4°, а во втором 3°.

При прошивке на больших углах подачи увеличение длины рабочего участка оправки вполне оправдано, поскольку при таких режимах резки возрастают частные обжаты в очаге деформации и соответственно им уменьшается число циклов деформации металла. Благодаря этому снижается опасность образования мелких плен в трубах по сравнению с прокаткой при малых углах подачи.

Калибрующий участок оправки предназначен для выравнивания стеки гильзы или трубы, поэтому его длину рекомендуется выбирать несколько большей полушага подачи, чтобы каждый участок гильзы обжимался при калибровке по крайней мере один раз. Оправки второго варианта калибровки рассчитывали на работу стана при углах подачи 14 – 15°. Так как в этом случае шаг гильзы составляет обычно 100 – 110 мм, то длину калибрующего участка приняли равной 50 мм вместо 38 – 45 мм в первом варианте. Таким образом, общая длина оправок была увеличена на 14 – 15 %.

Прошивку заготовок на различных оправках осуществляли при углах подачи 13 и 14° в течение нескольких месяцев. За это время было всесторонне проверено влияние формы оправок на устойчивость процесса и качество гильз и труб. Оправки испытывали при работе с валками различных калибровок.

Для выяснения влияния формы оправок на качество внутренней поверхности труб заготовки одной плавки делили на две части и их прошивку осуществляли на обычных и удлиненных оправках. Кроме того, в течение нескольких месяцев работали только на удлиненных оправках.

Анализ полученных данных показал, что процесс прошивки в начал и в середине кампании валков протекает устойчиво. Когда при износе валков перемещение оправок по ходу прошивки становилось значительным, наблюдались случаи зажима заднего конца гильзы. Это можно объяснить недостаточной длиной участка раскатки валков и ухудшающимися условиями окончания процесса.

Состояние внутренней поверхности труб при работе на новых оправках практически не изменяется. По геометрическим размерам гильзы получают более качественные.

В большей степени форма оправок оказывает влияние на их износ. Стойкость новых оправок диаметром 100; 98 и 96 мм возросла соответственно на 36, 47 и 61 % при прошивке заготовок из стали марок 10; 20 и 20К и в среднем на 70 % – при прошивке заготовок из стали марок 35, 45 и Д (таблица 1).

Детальное обследование показало, что оправки диаметром 100 и 98 мм имеют равномерный износ, характерный для оправок со сферической

рабочей частью. для справок диаметром 96 мм характерно появление продольных трещин. Причиной растрескивания являются циклические термические напряжения, возникающие при прокатке и усугубляемые наличием отверстий для охлаждения водой.

Повышение стойкости удлиненных оправок связано, видимо, с увеличением их массы и с меньшим разогревом при прошивке. Влияние степени разогрева справок на их стойкость видно из того, что с уменьшением времени прошивки, наблюдаемом при увеличении углов подачи, стойкость оправок существенно возрастает, несмотря на рост осевого усилия на стержень.

Действительно, при исследовании процесса прошивки заготовок диаметром 60 мм из стали 12Х18Н10Т на полупромышленном стане МИСиС-100 установлено, что при угле подачи 8° оправки диаметром 38 мм выходили из строя после одной прокатки – осаживался, а иногда полностью истирался носок оправки, на ее рабочей части имелись вырывы и задиры. При прокатке на углах подачи 18 – 30° стойкость этих оправок повысилась до двух трех проходов. Оправки диаметром 46 и 50 мм при прокатке на больших углах подачи имели незначительный износ и использовались многократно (в 20 – 30 прокатках).

Таблица 1

Стойкость водоохлаждаемых оправок прошивного стана

Номер оправки	Удлиненные оправки				Оправки прежней калибровки			
	Марка стали	L <sub>з</sub> , мм	δ <sub>п</sub> , мм	Количество прошитых заготовок	Марка стали	L <sub>з</sub> , мм	δ <sub>п</sub> , мм	Количество прошитых заготовок
1	10	2160	100	650	10	2160	98	700
2	10	2160	100	780	10	2000	98	750
3	10	2160	100	830	20К	2250	98	627
4	10	2160	100	940	10	2160	98	500
5	10	2160	100	650	10	2160	98	365
6	20К	2160	100	1000	10	2160	98	610
7	20К	2000	100	1200	10	2160	98	600
8	10	2160	100	900	10	2160	98	700
9	10	2160	100	1150	10	2160	98	500
Среднее	–	–	100	877	–	–	98	595
1	20	2160	98	800	10	1990	96	600
2	20	2160	98	740	10	1990	96	500
3	20К	2000	98	700	10	1990	96	400
4	10	2160	98	610	10	1990	96	700
5	10	2160	98	620	20	2160	96	320
6	10	2160	98	500	20	2160	96	270
7	20	1760	98	680	20	2160	96	620
8	20	1760	98	640	20К	2160	96	460
9	10	2160	98	640	20К	2160	96	500
Среднее	–	–	98	659	–	–	96	485

1	10	2160	96	762	10	2160	94	330
2	10	2160	96	751	10	2160	94	250
3	20	2000	96	650	10	2160	94	540
4	20	2000	96	570	10	2160	94	560
5	20	2000	96	680	10	2160	94	480
6	20	2160	96	500	20К	2000	94	300
7	10	2160	96	690	20К	2000	94	400
Среднее	–	–	96	657	–	–	94	408
1	35	2160	98	400	45	2160	94	380
2	D	2160	98	250	45	2160	94	170
3	D	2160	98	270	45	2160	94	120
4	D	2160	98	150	45	2160	94	300
5	45	2160	96	350	D	2160	96	70
Среднее	–	–	–	284	–	–	–	168

На прошивном стане ТПА 30-102 после проведенной реконструкции были внедрены новые технологические режимы: процесс прошивки стали осуществлять при углах подачи 15° и более на чашевидных валках с удлиненной бочкой. Кроме того, по предложению заводских работников, было проведено перераспределение деформации по станам агрегата, в частности были увеличены длина заготовки с 2000 до 2400 мм и диаметр гильзы со 138 до 145 мм. В связи с этим был внедрен в производство третий вариант калибровки справок.

Длина рабочей части и калибровочного участка увеличена по сравнению со вторым вариантом на 10 – 15 %. Угол конусности калибровочного участка равен 3°30' при угле конусности валков на участке раскатки 3°15'. Для увеличения массы оправки и устранения трещинообразования из-за термических напряжений диаметр носка увеличен с 26 – 28 до 30 – 32 мм.

Длительными статистическими исследованиями было установлено, что несмотря на возросший темп прокатки, снижение температуры нагрева металла с 1220 – 1240 до 1160 – 1220 °С и увеличение длины заготовок, стойкость справок новой калибровки возросла в среднем до 700 – 800 проходов, т.е. на 20 – 25 %. Износ оправок распределяется равномерно по длине рабочей части, не затрагивал калибровочного участка (рисунок 1), что обеспечивает хорошую раскатку и калибровку стенки гильзы. Все это свидетельствует об эффективности выбранного пути повышения стойкости оправок.

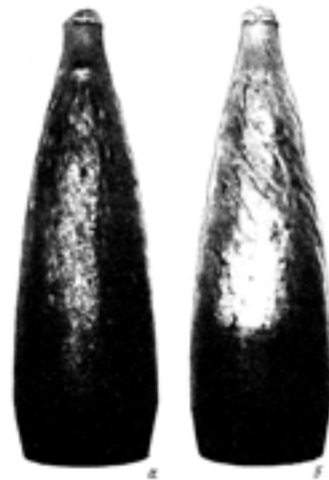


Рисунок 1 – Износ оправок прошивного стана ТПА 30-102; кампания валков: а) первые сутки, б) восьмые сутки

В ходе исследований было отмечено влияние износа рабочих валков прошивного стана на стойкость оправок. Как отмечалось выше, износ валков существенно сказывается на настройке прошивного стана; уменьшается расстояние между валками, оправка перемещается по ходу прокатки. Это приводит к сокращению длины очага деформации и перераспределению деформации по длине калибра. Действительно, процесс осуществляется при большем обжатии перед носком оправки, а вытяжка происходит в основном за пережимом валков. Естественно, характер износа оправок изменяется. Так, на сферической рабочей поверхности чаще наблюдаются вырывы глубиной до 2 – 3 мм и грубые задиры, а оправка после 500 – 600 проходов приобретает форму, близкую к конической. При этом стойкость оправок снижается к концу кампании валков (на 8 – 10-е сутки) на 10 – 15 %.

Неизбежное при износе ухудшение состояния рабочей поверхности оправки, естественно, оказывает влияние на качество гильз и труб. На прошивном стане 30-102 были проведены исследования по определению влияния износа оправки на качество гильз по состоянию внутренней поверхности. Заготовки диаметром 140 мм из стали 20 прокатывали с торможением в стане на оправках диаметром 102 мм с различной степенью изношенности при угле подачи 15°. После прокатки образцы строгаги и шлифовали по диаметральной плоскости, а затем травили в растворе

серной кислоты. Для более тщательного контроля качества металла и получаемой гильзы часть заторможенных заготовок-гильз разрезали на поперечные темплеты, с которых делали серные отпечатки.

В результате исследований установлено, что заготовки из стали 20 диаметром 140 мм характеризуются четко выраженным ликвационным квадратом и наличием в центральной части неметаллических включений. Ликвационный квадрат в процессе деформации металла на оправке, однако, не выходит на внутреннюю поверхность гильзы, а как бы растягивается на некотором расстоянии от поверхности, уменьшающемся по мере раскатки гильзы.

Следует отметить, что центрального разрушения металла перед носком оправки на полученных темплетях не наблюдали. Однако наличие значительных скоплений неметаллических включений является предпосылкой образования дефектов даже при прокатке на повышенных углах подачи и может быть причиной отбраковки труб по внутренним пленам. В то же время зафиксировали наличие плен, обусловленных износом оправки. Действительно, после прошивки 600 – 700 заготовок на рабочей поверхности оправки образуются вырывы и задиры глубиной до 2 – 3 мм. Металл в процессе деформирования затекает в эти углубления и раскатывается в плену на калибрующем конусе оправки.

В связи со становлением и развитием трубопрокатного производства в Павлодарском регионе вопросы повышения стойкости технологической оснастки приобретают особую актуальность.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Сержанов Р.И., Богомолов А.В. Формирование прокатного производства в Павлодаре: проблемы и перспективы // Наука и техника Казахстана. - 2005 – №3. – С. 128–134.

2 Потапов И.Н., Полухин П.И. Технология винтовой прокатки. – М.: Металлургия, 1990 – 344 с.

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г.Павлодар. Материал поступил в редакцию 27.02.2012.

Г.М. ЖАНАБАЕВА, Р.И. СЕРЖАНОВ, А.В. БОГОМОЛОВ  
ТЕСКІШ СТАНОКТЫҢ ЖАҚТАУЫНЫҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫ  
G.M. ZHANABAYEVA, R.I. SERZHANOV, A. BOGOMOLOV  
RESISTANCE OF PIERCING MILL'S MONGRELS

*Түйіндеме*

*Жұмысты айтқанда технологиялық құралдың табандылығына ықпал ететін негізгі факторларды суреттеген: термооңдеу жақтау тәртібі мен материалдың химиялық құрамы, олардың калибрі, болаттың маркасы, дайын жылудың сапасын, болуға домалатып жазылатын даярлауларды қыздыруды сапа, жұқарту, сапасы мен жақтауды суытудың шарты қарастырылған.*

*Resume*

*The paper identifies the main factors affecting stability of technological tools, which are: chemical composition of the material and the mode of mandrels' heat treatment, their calibration, the brand of rolled steel, the quality of billets' heating, the rolling mode, the conditions of mandrels' cooling.*

УДК 625.001.63

**С.О. ИСМАГУЛОВА, Ж.С. МЫРЗАБЕКОВ  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СНЕГОЗАЩИТНЫХ,  
ПЕСКОЗАЩИТНЫХ, ПРОТИВОЛАВИННЫХ,  
ПРОТИВОСЕЛЕВЫХ И ПРОТИВОРАЗМЫВНЫХ  
МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НОВЫХ  
ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

До последнего времени при проектировании железных дорог не учитывались особенности трассирования в сложных природно-климатических условиях, которые базируются на современной теории многокомпонентных потоков. Разработке и использованию методов этой теории посвятили свои научные работы такие крупные ученые как Р. Бэгнольд, Ф.И. Франкль, А.К. Дюнин.

Физический смысл природных процессов, с которыми взаимодействуют железнодорожные сооружения, довольно сложен, но его понимание необходимо для инженера-проектировщика железных дорог. К сожалению, указанные выше природные процессы изучены недостаточно.

Например, до 40-х годов прошлого века были неизвестны количественные характеристики пылевых бурь. Начало их поиска положено выдающимся английским ученым Ралфом Бэгнольдом. В годы 2-й мировой войны он исполнял обязанности военного дорожного инженера в составе британских войск, действовавших в Ливийской пустыне против немецких дивизий Роммеля. Одновременно он провел обширные исследования песчаных бурь в поле и в специально им созданной аэродинамической

40

лаборатории. В 1941-м году он опубликовал свои блестящие результаты в монографии. Известный канадский почвовед У. Чипил применил результаты Бэгнольда к проблеме почвенных пылевых «черных» бурь. Запоздалость рождения теории пылевых бурь объясняется во многом теоретической трудностью проблемы.

Теоретическим фундаментом проблемы пылевых бурь и других стихийных явлений должна была стать механика неоднородных, многокомпонентных, многофазных сплошных сред, а начало ее создания приходится на 60-е годы XX века. Выдающаяся роль в создании нового аппарата принадлежит профессору Феликсу Исидоровичу Франклю [влечение, когда частицы перекачиваются, не взлетая, сальтация (прыжки), когда за счет отрицательного (всасывающего) перепада давлений в поверхностном вихревом слое частицы вначале взлетают вертикально вверх, а затем плавно снижаются, диффузия, когда мелкие частицы поднимаются вверх и не снижаются, находясь во взвешенном состоянии и составляя с потоком суспензию.

Эта суспензия устойчива. Она создает крайне неблагоприятную экологическую обстановку для живых организмов. Тучи мелкой пыли, поднятые в Сахаре сильными бурями, самумами, достигли в 1976 году английских островов. По данным У. Чипила, в диффузию вовлекаются до 10...16 % от массы всех переносимых взвесей. Диффузия мелкого и мельчайшего песка охватывает приземный слой мощностью до 300 метров, проявляя себя в виде зловещей, свинцово черной стены.

Слои влечения и сальтации, в силу своей инерционности, перемещаются медленнее несущей среды и тормозят ее. Мельчайшая взвешенная пыль движется вместе с ветром и опережает нижние слои.

Выводы: Трассирование новых железных дорог на территории Республики Казахстан должно выполняться с учетом требований экологии, местных природно-климатических условий и возможности проявления пыльных бурь, подвижных песков в пустынях, снежных лавин и селевых потоков в горных районах Казахстана. Для оценки зон влияния опасных явлений в состав изыскательских партий и проектных групп необходимо привлечение специалистов геоморфологов, гляциологов а также консультации почвоведов и агрономов по вопросам озеленения полосы отвода новой железной дороги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Франкль Ф.И. К теории движения взвешенных наносов. /Доклады АН СССР. - 1953. - № 2. – С.28-32.
- 2 Чипил У.С. Динамика ветровой эрозии. [Chepil W. S. Dynamics of Wind erosion // Several Papers in «Soil Science». - 1945, - № 4-6, - 1946, № 2-4.

41

З Бялобжеский Г.В., Дюнин А.К. и др. Зимнее содержание автомобильных дорог. - М.: «Транспорт», 1966. - 224 с.

Казахская академия транспорта и коммуникаций им.Тынышпаева, г.Алматы. Материал поступил в редакцию 27.02.2012.

С.О. ИСМАГУЛОВА, Ж.С. МЫРЗАБЕКОВ  
ЖАҢА ТЕМІР ЖОЛДАРДЫ ЖОБАЛАУДА ҚАРДАН ҚОРҒАЙТЫН,  
ҚҰМНАН ҚОРҒАЙТЫН, КӨШКІНГЕ ҚАРСЫ, ТАСҚЫНҒА ҚАРСЫ  
ЖӘНЕ СУ ШАЙЫП КЕТУГЕ ҚАРСЫ ШАРАЛАРДЫ ЖОБАЛАУ.

S.O. ISMAGULOVA, ZH.S. MYRZABEKOV  
PROJECTING MEASURES OF PROTECTION FROM SNOW, SAND  
AND AVALANCHES, MUDFLOWS AND EROSION WHEN DESIGNING  
NEW RAILWAYS.

*Түйіндемe*

*Мақалада жаңа темір жолдарды жобалауда жергілікті табиғи-климаттық жағдайының әсерін есептеу беріледі. Талдау үшін және жоба шартын есепке алу үшін ауданының ғарыштық түсіру материалдары мен осы аэрофототүсірулерді ұсыну керектігін қарастырған.*

*Resume*

*This paper presents the calculation of the influence of local climatic conditions on designing of new railways. Space imagery materials of the design area and the aerial photography data are necessary for analysis and consideration of the engineering conditions.*

УДК 629.113

**А.В. КАРЯГИН**  
**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АВТОМОБИЛЬНОГО**  
**ЧИП-ТЮНИНГА ДВИГАТЕЛЯ**

«Тюнинг» в переводе с английского означает «настройка», «регулировка». Одно из наиболее привлекательных направлений доводки автомобильного двигателя – чип-тюнинг. Его особенность в том, что изменение характеристик мотора (мощности, крутящего момента, расхода топлива) достигают без каких-либо механических переделок двигателя – расточки цилиндров, увеличения хода поршня и т.д. Правда, это возможно только

если автомобиль оснащен электронным блоком управления двигателем (ЭБУ, англ – ECU – Engine Control Unit), который, собственно, и подвергается доработке.

ЭБУ или бортовой компьютер управляет работой двигателя, то есть формирует управляющие сигналы для исполнительных устройств – систем впрыска топлива, зажигания и турбонаддува, согласно информации, получаемой от датчиков числа оборотов и положения коленчатого вала двигателя, расходомера воздуха и т.д.

В таком компьютере находится один очень важный элемент – чип (chip) – микросхема, в которую заложена программа управления двигателем. Силовой агрегат каждой марки и модели современного автомобиля работает по собственной программе. Корректируя ее, можно изменять некоторые параметры работы систем двигателя – подавать в цилиндры больше или меньше топлива, устанавливать другой угол опережения зажигания, изменять режим работы систем, контролирующей токсичность выхлопных газов. В программе управления наддувных двигателей изменяются момент включения турбонаддува и давление наддува. Перекодировке подвергается и стандартная программа анализа состояния датчиков расхода воздуха, детонации, лямбда-зонда и т.д. Делая все это, специалисты из тюнинговых ателье высвобождают скрытые резервы мотора, которые были «зажаты» на этапе создания для получения оптимальных характеристик ресурса двигателя, расхода топлива, токсичности выхлопных газов.

Чип-тюнинг можно проводить двумя способами – при первом демонтируют стандартный чип, перепрограммируют его и возвращают на место; при втором – вместо снятой микросхемы устанавливают новую, с абсолютно другой программой. Основное преимущество чип-тюнинга – он значительно дешевле (200-500 у.е.), чем внесение изменений в конструкцию двигателя – расточка цилиндров, замена деталей цилиндро-поршневой группы и кривошипно-шатунного механизма. Еще одно преимущество такого тюнинга – малая трудоемкость ( не более 2х дней)

Механизм управления современными дизелями с турбонаддувом по сложности не уступает электронике бензиновых двигателей – ЭБУ контролирует давление, момент и количество впрыскиваемого в цилиндры топлива и управляет работой турбины.

Тюнинг этих двигателей сводится, в основном, к изменению сигналов ЭБУ, управляющих моментом включения турбины. На серийных дизелях она включается в работу при 2500-3000 об/мин. А добавочный модуль (например, Digital DIVO) включает турбину уже при 900-1000 об/мин, что улучшает динамическую характеристику автомобиля

Производится чип-тюнинг следующим образом. С автомобиля снимается ECU и считывается оригинальная программа. Она имеет размер от 512 Кбайт до 1 Мбайта машинного кода, составной частью которой являются таблицы параметров (ссылка на графический рисунок). Как правило, карты занимают не более 10% от всего объема программы. Суть chip-tuning заключается в изменении значений в этих таблицах таким образом, чтобы получить как можно большие значения мощности и крутящего момента, нежели в оригинальной программе.

Для модификации программ необходимо работать с таблицами углов опережения зажигания, длительности впрыска и ограничения давления наддува (причем каждой из таблиц может быть от 3 до 10). Для автомобилей каждой марки и модели эти таблицы уникальны и имеют различный вид.

Кроме того, в программе имеются и другие таблицы (холостого хода, температурной коррекции, лямбда коррекции и т.д.). Программа управления современным двигателем содержит более 100 таблиц, и только 10–20 из них модифицируется для увеличения мощностных и тяговых характеристик.

Каждая программа имеет свою контрольную сумму (которая просчитывается по определенному алгоритму — известно около 30 алгоритмов). После модификации программы эта контрольная сумма должна быть скорректирована, иначе двигатель или не заведется вовсе или заведется в защищенном режиме и ни о какой прибавке мощности разговора быть не может. Кроме того, при диагностике ECU появится ошибка типа «Checksum ERROR» или «Internal ROM ERROR».

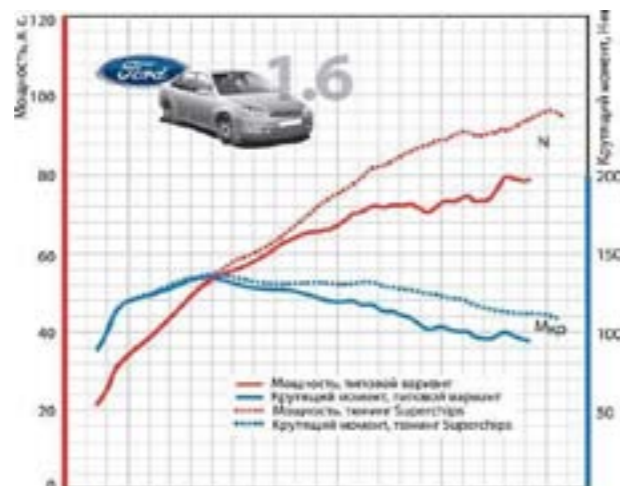


Рисунок 1 – Изменения параметров автомобиля после чип-тюнинга

Мнения в отношении ресурса двигателя, подвергнутого чип-тюнингу, противоречивы. Одни утверждают, что увеличение мощности таким способом ведет к росту нагрузок на детали поршневой группы и кривошипно-шатунного механизма и, соответственно, к более интенсивному их износу. Другие настаивают на том, что при большем крутящем моменте передачи переключаются при более низких оборотах, когда поршни и другие детали испытывают меньшую нагрузку и совершают меньше движений, поэтому изнашиваются не так быстро.

В действительности долговечность двигателя в эксплуатации зависит от многих факторов – интенсивности транспортного потока, организации дорожного движения, качества эксплуатационных материалов, стиля вождения и др. Следовательно, влияние тюнинга на ресурс двигателя неоднозначно.

На практике чип-тюнинг используется в нескольких вариантах в целях улучшения конкретных характеристик – увеличения мощности и крутящего момента (на низких или высоких оборотах), легкого запуска двигателя в морозную погоду, снижения расхода топлива.

Например, мощность атмосферного бензинового двигателя можно увеличить на 8-12%, турбированного – на 20-25%. «Экономичный» чип снижает расход топлива на 5-15%. В случае с турбированными дизелями мощность удается повысить на 25-30%, а крутящий момент – на 20-25%. Стоит отметить, что увеличение мощности не всегда приводит к заметному улучшению динамики автомобиля. Как правило, максимальную мощность двигатель выдает на оборотах, близких к максимуму. Но вряд ли кто-то постоянно ездит, раскручивая мотор до 5500-6000 об/мин. Крутящий момент в большой степени влияет на динамические характеристики автомобиля. Именно при его увеличении, особенно в зоне малых оборотов, двигатель становится более приемистым, т.е. способным быстрее разгонять автомобиль. Чип-тюнинг как раз и обеспечивает увеличение крутящего момента и смещение его максимальной величины в сторону низких оборотов.

Сегодня у специалистов по чип-тюнингу появилась возможность устанавливать в автомобиль систему выбора программы работы мотора. Ее особенность в том, что водитель может самостоятельно менять характеристики двигателя: нужно «погоняться» – переключил ЭБУ в спортивный режим работы, хочется спокойной, экономичной езды – включил режим «эконом» или «стандарт».

Таким образом, чип-тюнинг имеет следующие достоинства. Во-первых, более высокие тягово-скоростные характеристики облегчают процесс управления автомобилем в городе. Во-вторых, на трассе с интенсивным движением появляется больше возможностей совершать резкие ускорения при обгонах. В-третьих, легче двигаться при полной загрузке автомобиля. Кроме того, после

нескольких лет эксплуатации некоторые автовладельцы начинают жаловаться на недостаток мощности «родного» мотора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 [www.tech-cars.ru](http://www.tech-cars.ru)
- 2 Степанов В.Н. Тюнинг автомобильных двигателей: СПб., 2000. - 82 с.: ил.
- 3 [www.chiptuning.sells.com.ua](http://www.chiptuning.sells.com.ua).

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г.Павлодар. Материал поступил в редакцию 27.02.2012.

А.В. КАРЯГИН  
 АВТОМОБИЛЬ МОТОРЫНЫҢ ЧИП-ТЮНИНГІ МҮМКІНДІКТЕРІН  
 ТАЛДАУ  
 A.V. KARYAGIN  
 THE ANALYSIS OF POSSIBILITIES OF AUTOMOBILE CHIP-  
 TUNING OF THE ENGINE

*Tүйіндеме*

*Бұл мақалада автомобиль моторының чип-тюнингі талданып, оны қолданудың мысалдары, артықшылықтары мен кемістіктері көрсетілген.*

*Resume*

*In given article the author opens concept of chip-tuning is possibility, describes process of its carrying out, compares pro and cont.*

УДК 629.113

**А.Ж. КАСЕНОВ**  
**ФОРМИРОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ**  
**ПОВЕРХНОСТИ ОТВЕРСТИЯ ОБРАБОТАННОГО**  
**РАЗВЁРТКОЙ-ПРОТЯЖКОЙ**

При обработке отверстий машинной развёрткой шероховатость поверхности формируется вершиной, образованной пересечением режущей и калибрующей частью, т. е. точка А (рисунок 1). [1, 2]. Вследствие этого на поверхности отверстия в продольном сечении образуются

микронеровности с расстоянием между ними, равным отношению осевой подачи и числа зубьев.

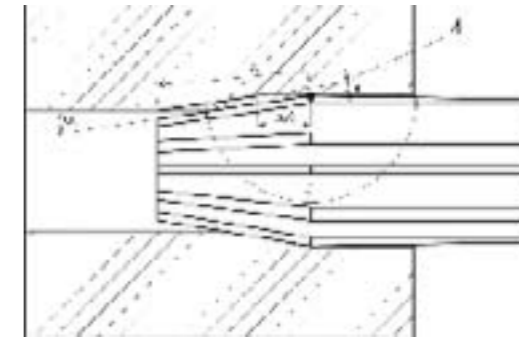


Рисунок 1 – Схема обработки отверстий машинной развёрткой

С учётом возмущающих колебательных процессов при резании на станке возникает следующая картина неровностей в продольном сечении (рисунок 2),  $\xi = 180^\circ - \varphi_c$ , где  $\varphi_c$  – угол в плане стандартной развёртки,  $\varphi_c$  до  $15^\circ$ . Это обстоятельство приводит к увеличению шероховатости поверхности.

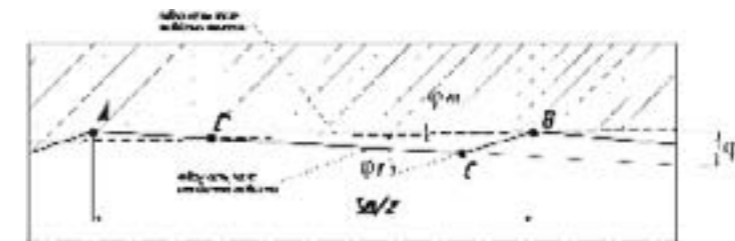


Рисунок 2 – Шероховатость поверхности отверстия после обработки машинной развёрткой

Влияние динамических процессов на рисунке 2 не отражено, но, исходя из чисто геометрических связей, картина изменения шероховатости в продольном сечении будет именно такая.

При обработке отверстий развёрткой-протяжкой за счёт конусной режущей части слой металла удаляется с поверхности отверстия длинной прямолинейной режущей кромкой зубьев (рисунок 3) и образуется более ровная образующая цилиндра обработанной поверхности (рисунок 4).



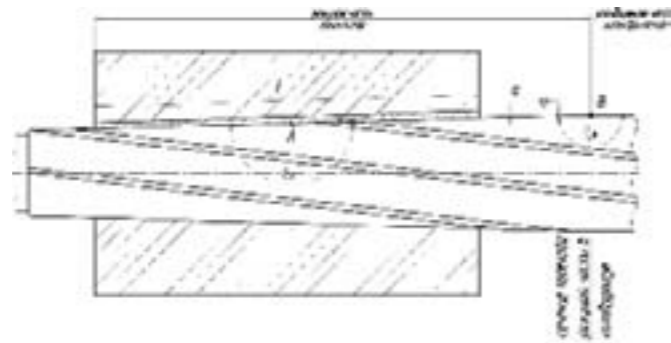
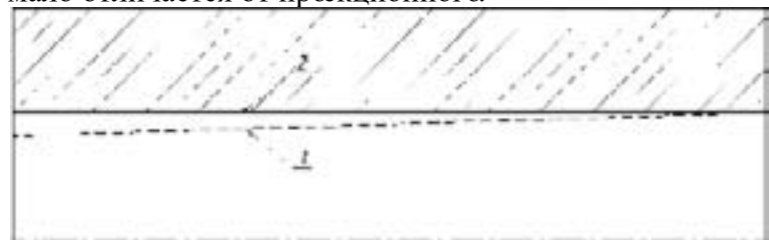


Рисунок 3 – Схема обработки отверстий развёрткой-протяжкой

Около любой точки А на прямолинейной режущей кромке угол  $\xi_A = 180^\circ$ ,  $\xi_B = 180^\circ - \varphi_{р.п.}$ , где  $\varphi_{р.п.}$  – угол в плане развёртки-протяжки, где  $\varphi_{р.п.} \ll \varphi_c$ ,  $\varphi_{р.п.} \approx 0,5$  тогда угол  $\xi_B$  стремится к  $180^\circ$ . Потому составляющая шероховатости обработанной поверхности развёрткой-протяжкой в продольном сечении, аналогичная составляющей при обработке стандартной развёрткой, практически отсутствует, т.к. проекционный угол в осевом сечении отверстия между режущими кромками зубьев развёртки-протяжки на режущей и калибрующей частях (в одном сечении) минимальны. Фактически указанный реальный угол в сечении вдоль винтовой режущей кромки мало отличается от пресекционного.



- 1 – промежуточная наклонная прямая линия обработанной переходной поверхности в продольном сечении отверстия, соответствующая углу режущей части развёртки-протяжки;  
2 – окончательная линия образующей отверстия, параллельная его оси, характеризующая готовое обработанное отверстие.

Рисунок 4 – Шероховатость поверхности отверстия после обработки развёрткой-протяжкой

Таким образом, обработка отверстий развёрткой-протяжкой, щадящая от постоянной разбивки в силу изменения угла в плане в более благоприятную сторону по сравнению с обработкой стандартной развёрткой, с учётом соотношения углов в плане развёртки-протяжки и

стандартной развёрткой, динамических колебательных процессов будет выглядеть примерно так, как показано на рисунке 4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Схиртладзе А.Г., Чупина Л.А., Пульбере А.И., Гречишников В.А. Формообразующие инструменты в машиностроении. - М.: Новое знание, 2006. – 557 с.
- 2 Родин П.Р. Основы формообразования поверхностей резанием. – Киев: Вища школа, 1977. – 192 с.

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г.Павлодар. Материал поступил в редакцию 27.02.2012.

А.Ж. КАСЕНОВ  
КЕДІР-БҮДЫРЛЫҚ САҢЫЛАУЫН ҚҰРАСТЫРУ ЖАЗБАМЕН  
ӨНДЕЛГЕН  
A.ZH. KASENOV  
FORMATION OF A HOLE SURFACE ROUGHNESS PROCESSED  
WITH BROACHING SWEEP

*Түйіндеме*

*Мақалада кедір-бұдырлық саңылауын құрастыруда өңдеу әдісінің әртүрлігі суреттеледі.*

*Resume*

*The article describes the difference between the processing methods in the formation of a hole's surface roughness.*

УДК 622.692.5

**Ю.П. МАКУШЕВ, В.В. РЫНДИН**  
**ХРАНЕНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ И СНИЖЕНИЕ**  
**ИХ ПОТЕРЬ**

**Введение.** В статье изложены правила хранения нефтепродуктов, причины их потерь, рекомендации по снижению потерь, приведен пример расчета потерь нефтепродукта при открытом и закрытом способах налива.

Экономия топлива заключается в сокращении потерь при перевозке, перекачке, хранении на складах и заправке техники топливом. Потери

нефтепродуктов могут быть количественные и качественные. Количественные потери увеличивают расход нефтепродуктов, повышают стоимость эксплуатации машин, качественные – изменяют физико-химические свойства нефтепродуктов.

Количественные потери наблюдаются при разливе, разбрызгивании и утечках нефтепродуктов через краны, фланцевые и муфтовые соединения на всех этапах транспортировки, хранения, заправки и применения.

Потери нефтепродуктов от испарения. Нефтепродукты в зависимости от испарения, обуславливающего их естественную убыль, распределены на восемь групп [1].

Температура, °С	Давление, МПа				
	Пропан C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	Бутан C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	Циклопентан C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	Гексан C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	Бензин Аи-80
плюс 40	1,6	0,4	0,11	0,037	0,065
плюс 20	1,0	0,2	0,055	0,016	0,04
0	0,6	0,1	0,023	0,003	0,02
минус 20	0,3	0,05	-	-	0,006
минус 40	0,2	0,025	-	-	0,0

При нормальных атмосферных условиях пропан и бутан это – газы, а циклопентан, гексан, бензин – жидкости. Если в углеводородной молекуле до 4 атомов углерода – это газ, а 5 и более – жидкость. Газы, при повышении давления выше значений, указанных в таблице 1, превращаются в жидкость, а жидкости (циклопентан, гексан, бензин) при снижении давления превращаются в газ.

Пропан-бутановую смесь хранят в жидком состоянии в баллонах под давлением 1,6 МПа. При снижении давления жидкая смесь переходит в газообразное состояние.

Для снижения потерь топлива от испарения в резервуарах и поддержания допустимого давления устанавливают дыхательные клапаны, которые открываются при избыточном давлении 0,01 – 0,02 МПа в резервуарах ёмкостью до 40 м<sup>3</sup> (автомобильные цистерны) и 0,001 – 0,002 МПа в стационарных резервуарах ёмкостью до 100 000 м<sup>3</sup>. В комбинированных дыхательных клапанах кроме клапана, открывающегося под избыточным давлением, имеется второй клапан, который открывается под действием

разрежения. Разрежение  $p_p = p_a - p$ , при котором клапан открывается, составляет 200 – 1000 Па (20 – 100 мм вод. ст.). Чем больше объём ре-

зервуара, тем меньше перепад давления на клапане (меньше избыточное давление и разрежение). Снижение перепада давления связано с прочностью резервуара.

Потери жидкого топлива неизбежны при так называемых «дыханиях» резервуаров [2]. Различают малые «дыхания», наблюдаемые из-за разности температур дня и ночи, и большие «дыхания», например при наполнении резервуаров нефтепродуктами.

В резервуаре, имеющем некоторое количество продукта, газовое пространство заполняется паровоздушной смесью. Масса нефтепродукта в этой паровоздушной смеси равна

$$m = \rho_i V$$

где  $\rho_i$  – плотность паров нефтепродукта (0,3 ÷ 0,7 кг/м<sup>3</sup>);  
 $V$  – объём газового пространства, м<sup>3</sup>.

Выталкивание паровоздушной смеси из газового пространства резервуара в атмосферу сопровождается потерями нефтепродукта, которые происходят по следующим причинам.

**Потери от вентиляции газового пространства.** Если в крыше резервуара имеются в двух местах отверстия, расположенные на некотором расстоянии  $H$  по вертикали, то более тяжелые бензиновые пары будут выходить через нижнее отверстие, а атмосферный воздух будет входить через верхнее отверстие. Установится естественная циркуляция воздуха и бензиновых паров в резервуаре, образуется так называемый газовый сифон.

Объёмная потеря газа в единицу времени (м<sup>3</sup>/с) в результате работы газового сифона определится уравнением

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{\Delta p}{\rho_c}}$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода отверстия;  $A$  – площадь отверстия;  
 $\Delta p$  – перепад давления, под действием которого происходит истечение

$$\Delta p = H (\rho_c - \rho_b) g$$

где  $H$  – высота между отверстиями;  $\rho_c$  и  $\rho_b$  – плотность, соответственно, паровоздушной смеси и воздуха;  $g$  – ускорение свободного падения.

Потери от вентиляции могут происходить через открытые люки резервуаров путем простого выдувания бензиновых паров ветром. Поэтому люки необходимо тщательно герметизировать.

**Потери от больших «дыханий»** – это вытеснение паров нефтепродуктов из газового пространства закачиваемым нефтепродуктом. Нефтепродукт, поступая в резервуар, сжимает паровоздушную смесь до давления, на которое отрегулирован дыхательный клапан. Как только избыточное давление станет равным расчетному давлению дыхательного клапана (2000 Па), из резервуара будут выходить пары нефтепродукта, начнется большое «дыхание» («выдох»). Применение дыхательных клапанов, которые поддерживают избыточное давление испарившегося нефтепродукта, снижают потери. Часть испарившихся фракций переходит в жидкое состояние и возвращается в первоначальное состояние.

При откачке нефтепродукта из резервуара происходит обратное явление. Как только разрежение в резервуаре станет равным перепаду давления, на который отрегулирован дыхательный клапан, в газовое пространство начнет входить атмосферный воздух – происходит «вдох».

**Потери от насыщения газового пространства.** Если в пустой резервуар, содержащий только воздух, залить небольшое количество нефтепродукта, последний начнет испаряться и насыщать газовое пространство. При нормальных физических условиях (НФУ)  $p_0 = 101325 \text{ Па}$  и  $T_0 = 273,15 \text{ К}$  молярный объем любого газа  $V_{m,0} = 22,41 \text{ л/моль}$ . Плотность паров бензина с молярной массой  $M_{п.б} = 110 \text{ кг/моль}$  при НФУ определяется по формуле [3]

$$\rho_{п.б} = M_{п.б} / V_{m,0} = 110 / 22,41 = 4,91 \text{ кг/м}^3$$

**Потери от малых «дыханий»** происходят в результате:

– повышения температуры газового пространства в дневное время (при нагреве солнечными лучами). Паровоздушная смесь стремится расширяться, концентрация паров нефтепродукта повышается, давление растет. Когда избыточное давление в резервуаре станет равным давлению открытия дыхательного клапана, он откроется и из резервуара начинает выходить паровоздушная смесь – происходит «выдох». В ночное время из-за снижения температуры часть паров конденсируется, паровоздушная смесь сжимается, в газовом пространстве создается вакуум, дыхательный клапан открывается и в резервуар входит атмосферный воздух – происходит «вдох»;

– снижения атмосферного давления. При этом избыточное давление (разность между давлением в газовом пространстве резервуара и атмосферным давлением) может превысить перепад давления, на который установлен дыхательный клапан. Он откроется и произойдет «выдох» (барометрические малые «дыхания»). При повышении атмосферного давления может произойти «вдох».

Потери топлива при «малых дыханиях» зависят от объема залитого топлива  $V_0$ , изменения температуры  $\Delta T$  и коэффициента объемного расширения  $\beta$ , 1/К. При повышении температуры объем нефтепродукта увеличивается и определяется по формуле

$$\Delta V = V_0 (1 + \beta \cdot \Delta T)$$

В результате увеличения объема топлива на  $\Delta V$  пары топлива, находящиеся в резервуаре, вытесняются в атмосферу. В таблице 2 приведены значения коэффициента объемного расширения  $\beta$  нефтепродуктов в зависимости от плотности  $\rho$  при 20 °С.

Таблица 2  
Зависимость коэффициента объемного расширения от плотности

$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\beta$ , К <sup>-1</sup>	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\beta$ , К <sup>-1</sup>
0,72 – 0,74	0,001183	0,86 – 0,88	0,000782
0,74 – 0,76	0,001118	0,88 – 0,90	0,000734
0,76 – 0,78	0,001054	0,90 – 0,92	0,000688
0,78 – 0,80	0,000995	0,92 – 0,94	0,000645
0,80 – 0,82	0,000937	0,94 – 0,96	0,000604
0,82 – 0,84	0,000882	0,96 – 0,98	0,000564

Снижение потерь от малых дыханий достигается уменьшением колебания температуры газового пространства. Средняя температура парового пространства в резервуаре выше температуры наружного воздуха на 2 – 8 °С для вертикальных и на 1 – 10 °С для горизонтальных резервуаров. Потери топлива от «больших дыханий» (при заполнении резервуара топливом) с 1 м<sup>3</sup> вытесняемой паровоздушной смеси могут составить летом до 0,7 кг, зимой – 0,4 кг.

**Уменьшить потери от испарения при больших «дыханиях»** резервуара можно проведением следующих мероприятий:

Снижение потерь от малых дыханий достигается уменьшением колебания температуры газового пространства. Средняя температура парового

пространства в резервуаре выше температуры наружного воздуха на 2 – 8 °С для вертикальных и на 1 – 10 °С для горизонтальных резервуаров. Потери топлива от «больших дыханий» (при заполнении резервуара топливом) с 1 м<sup>3</sup> вытесняемой паровоздушной смеси могут составить летом до 0,7 кг, зимой – 0,4 кг.

Уменьшить потери от испарения при больших «дыханиях» резервуара можно проведением следующих мероприятий:

- уменьшением различных перекачек нефти внутри нефтебазы;
- заполнением резервуара снизу под уровень находящегося в резервуаре продукта, что снижает на 30 ÷ 50 % потери по сравнению с наливом открытой струёй сверху;
- установкой на крыше резервуаров возвращающих адсорберов, в которые улавливается паровоздушная смесь;
- установкой газовых труб, с помощью которых соединяют между собой резервуары, предназначенные для хранения одного сорта нефтепродуктов (при заполнении одного резервуара паровоздушная смесь будет вытесняться в другой, а не теряться в атмосфере);
- запрещением проветривания резервуара перед заполнением.

В качестве примера ниже даётся расчёт потерь бензина при различных способах налива цистерны АЦ – 8,5–255Б. Эксплуатационный закачиваемый объём цистерны V<sub>зак</sub> составляет 8,5 м<sup>3</sup> при диаметре D = 1,22 м. Объёмный расход бензина при наливе Q̇ = 40 м<sup>3</sup>/ч. Температура начала кипения бензина T<sub>н.к</sub> = 311К. Налив ведётся при температуре бензина T = 295К и атмосферном давлении, равном давлению в газовом пространстве P<sub>п.б</sub> = P<sub>а</sub> = 755 мм рт. ст. = 133,322·755 = 100658 Па (здесь использована связь 1 мм рт. ст. = 133,322 Па).

Решение. Продолжительность налива цистерны

$$\tau_{\text{налив}} = V_{\text{зак}} / Q = 8,5 / 40 = 0,213 \text{ ч}$$

Зная температуры T и T<sub>н.к</sub>, можно вычислить давление насыщенных паров автомобильного бензина по приближённой формуле [4]

$$p_s = 57100 \cdot \exp[4,0327(T_{\text{н.к}} - T)] = 57100 \cdot \exp[4,0327(311 - 295)] = 33779,4 \text{ Па}$$

Молярную массу M<sub>п.б</sub> паров бензина (её не следует отождествлять с относительной молекулярной массой M<sub>r</sub> и называть размерную величину M<sub>п.б</sub> (кг/кмоль) «молекулярная масса»; они равны лишь численно [3]) можно найти по формуле [4]

$$M_{\text{п.б}} = 60,9 \cdot 0,306 T_{\text{н.к}} + 0,0017 T_{\text{н.к}}^2 = 60,9 \cdot 0,306 \cdot 311 + 0,0017 \cdot 311^2 = 62,5 \text{ кг/кмоль}$$

Для определения плотности паров бензина ρ<sub>п.б</sub> воспользуемся формулами, вытекающими из уравнений состояния идеального газа Клапейрона-Менделеева [3],

$$\rho_{\text{п.б}} = \frac{P_{\text{п.б}}}{R_{\text{п.б}} T} = \frac{P_{\text{п.б}} M_{\text{п.б}}}{R_{\text{г}} T} = \frac{100658 \cdot 62,5}{8314,51 \cdot 295} = 2,563 \text{ кг/м}^3$$

где R<sub>г</sub> = 8314,51 Дж/(кмоль·К) – молярная (универсальная) газовая постоянная; R<sub>п.б</sub> = R<sub>г</sub> / M<sub>п.б</sub> – удельная газовая постоянная паров бензина, Дж/(кг·К).

Масса нефтепродукта, теряемого при заполнении транспортной ёмкости, определяется по формуле [4]

$$m_{\text{т}} = k_{\text{т}} V_{\text{зак}} \rho_{\text{п.б}} (P_{\text{с}} / P_{\text{п.б}})$$

где k<sub>т</sub> – коэффициент, учитывающий степень насыщенности паровоздушной смеси и превышения объёма вытесняемой паровоздушной смеси над объёмом V<sub>зак</sub> закачиваемого нефтепродукта.

Значение коэффициента k<sub>т</sub>, при заполнении цистерны сверху открытой струёй, зависит от времени заполнения, способа налива и определяется из выражения

$$k_{\text{т}} = (0,7 - \sqrt[3]{\tau_{\text{налив}}})^4 = (0,7 - \sqrt[3]{0,213})^4 = 0,771$$

Тогда  $m_{\text{т}} = 0,771 \cdot 8,5 \cdot 2,563 \cdot \frac{33779,4}{100658} = 5,64 \text{ кг}$

При наливе бензина сверху или снизу закрытой струёй

$$k_{\text{т}} = 0,85 \cdot \alpha_{\text{т}} \cdot \sqrt{\tau_{\text{налив}}}$$

где α<sub>т</sub> – постоянный коэффициент, учитывающий высоту (равную диаметру 1,22 м) наливаемой ёмкости [4],

$$\alpha_{\text{т}} = \begin{cases} 1 & \text{при } H_E \leq 1 \text{ м} \\ \sqrt{H_E} & \text{при } H_E > 1 \text{ м} \end{cases}$$

Следовательно, α<sub>т</sub> =  $\frac{1}{1,22} = 0,82$ ,

k<sub>т</sub> = 0,85 · 0,82 · √0,213 = 0,322 и масса потерянного бензина

$$m_1 = 0,122 \cdot 8,5 \cdot 2,563 \cdot \frac{33779,4}{100658} = 2,35 \text{ т.}$$

Из результатов расчёта видно, что по сравнению с наливом открытой струёй налив бензина под уровень (затопленной струёй) в рассматриваемом случае позволяет сократить потери в 2,4 раза.

Потери увеличиваются при большой поверхности испарения. Поэтому для уменьшения потерь выгоднее хранить нефтепродукт в большей ёмкости, чем в нескольких малых ёмкостях. Конструкция резервуара должна быть такой, чтобы при допустимой высоте налива свободная поверхность, граничащая с воздушной средой, была минимальной. Верхняя часть вертикального резервуара должна быть конически сходящейся.

Качественные потери нефтепродуктов происходят при длительном хранении в результате внутренних химических превращений, от загрязнения и обводнения или их смешивании. При хранении топлив, при высокой температуре происходит интенсивное окисление с образованием смол. Окисление происходит под действием кислорода, которого в воздухе 21 % по объёму. При повышении температуры на 10 °С, скорость окисления увеличивается в 3 раза.

Цвет резервуара влияет на потери бензина от нагрева лучами солнечного света и испарения. Если бензин хранится в наземных резервуарах, то для уменьшения нагрева их окрашивают в белый цвет. Белый цвет отражает солнечные лучи от поверхности резервуара и нагрев уменьшается. Черный цвет «притягивает» солнечные лучи, увеличивая нагрев.

В таблице 3 указаны потери бензина за год хранения в зависимости от цвета резервуара.

Таблица 3

Потери бензина в зависимости от цвета резервуара

Цвет резервуара	Коэффициент отражения	Потери, %	Цвет резервуара	Коэффициент отражения	Потери, %
Черный	–	1,24	Голубой	0,85	0,56
Серый	0,47	1,03	Светло - кремовый	0,88	0,45
Алюминиевый	0,67	0,83	Белый	0,90	0,42

От степени заполнения резервуара зависит содержание смол в топливе. Например, при полном заполнении резервуара и 25% заполнении содержание смол за 10 месяцев хранения увеличилось, соответственно, в 4 и 20 раз. Увеличение содержания смол приводит к образованию нагара в цилиндрах двигателя.

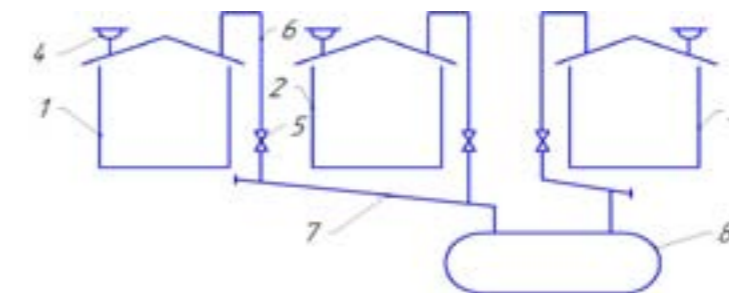
В таблице 4 указаны потери бензина за год в зависимости от степени заполнения резервуара.

Таблица 4

Влияние степени заполнения резервуара на потери бензина за год

Степень заполнения, %	Потери, % в климатической зоне		Степень заполнения, %	Потери, % в климатической зоне	
	средней	южной		средней	южной
90	0,3	0,4	60	1,6	2,3
80	0,6	0,9	40	3,6	5,2
70	1,0	1,5	20	9,6	13,9

Для снижения потерь нефтепродуктов от испарения производят газовую обвязку резервуаров. Газовую обвязку целесообразней выполнять с применением конденсатосборника (рисунок 1). В этом случае необходимо, чтобы операция заполнения одних резервуаров совпадала по времени с опорожнением других. Паровоздушная смесь из заполняемых резервуаров вытесняется не в атмосферу, а поступает в опорожняемые резервуары [5]. Часть паровоздушной смеси конденсируется в сборнике 8.

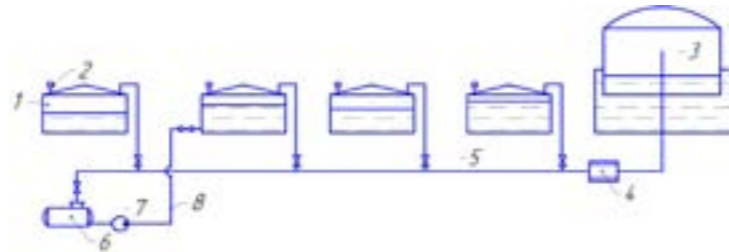


1, 2, 3 – резервуары с одинаковыми нефтепродуктами;  
4 – дыхательный клапан; 5 – задвижка; 6 – отвод; 7 – коллектор;  
8 – конденсатосборник

Рисунок 1 – Схема газовой обвязки со сборником конденсата

Газоуравнительная система отличается от газовой обвязки наличием конденсатосборника и газгольдера (рисунок 2). Система служит для того, чтобы аккумулировать (накапливать) часть паровоздушной смеси при несовпадении операций закачки – выкачки. Благодаря этому сокращаются потери нефтепродуктов по сравнению с газовой обвязкой, изображенной на рисунке 1. Газгольдер 3 (англ. держатель газа) – стационарное стальное сооружение для приёма и хранения газовых

фракций нефтепродукта. Конструкция газгольдера может быть рези-  
нотканевой или синтетической.



1 – резервуар; 2 – дыхательный клапан; 3 – газгольдер;  
4 – регулятор давления; 5 – сборный газопровод; 6 – конденсатосбор-  
ник; 7 – насос для откачки конденсата; 8 – конденсатопровод  
Рисунок 2 – Газоуравнительная система парка резервуаров

Для снижения потерь нефтепродуктов от испарения применяют пла-  
вающие понтоны, которые закрывают более 95 % поверхности («зерка-  
ла») нефтепродукта. Понтоны бывают металлические и синтетические.  
Важным узлом понтона является уплотнительный затвор между ковром  
понтона и стенкой резервуара. Конструкция уплотнения может быть  
мягкой и жесткой. Мягкие затворы изготавливают в виде оболочек с на-  
полнителями (жидкость, воздух), пористого эластичного материала или  
резиноканевых материалов.

Для снижения загрязнения атмосферы выбросами углеводородов в  
районах НПЗ, нефтебаз необходимо осуществлять мероприятия (таблица  
5) с целью сокращения потерь нефтепродуктов из резервуаров [6].

Таблица 5  
Способы сокращения потерь нефтепродуктов от испарения

Наименование мероприятия	Сокращение потерь, %
1 Оснащение резервуаров понтонами, имеющих большую емкость и оборачиваемость.	80 – 90
2 Оборудование резервуаров со светлыми нефтепродуктами, имеющих большую оборачиваемость, дисками-отражателями	20 – 30
3 Герметизация резервуаров и дыхательной арматуры, своевременный профилактический ремонт трубопроводов и запорной арматуры	30 – 50
4 Окраска наружной поверхности резервуаров покрытиями с низким коэффициентом излучения	27 – 45
5 Одновременная окраска внутренней и внешней поверхностей резервуара	30 – 65
6 Герметизация налива в транспортные средства с использованием установки улавливания и рекуперации паров нефтепродуктов из резервуаров	80 – 90

Утечки светлых нефтепродуктов можно дополнительно снизить за  
счет применения хлопушек. Хлопушки (хлопуши) устанавливают внутри  
вертикальных резервуаров на приёмно-раздаточном патрубке и служат  
для налива и слива нефтепродуктов, и для дополнительной защиты от  
возможных утечек нефтепродукта из резервуара при неисправности за-  
порной арматуры. Хлопуша имеет корпус с наклонным срезом и плот-  
но прилегающей к нему крышкой, соединенной с корпусом рычажным  
механизмом. При наполнении резервуара струя нефтепродукта, облада-  
ющая энергией скорости и давлением, приподнимает крышку хлопушки. При  
остановке перекачки крышка хлопушки под действием собственного веса  
опускается на свое место, плотно закрывая трубу.

При выдаче нефтепродукта из резервуара крышка хлопушки открыва-  
ется принудительно при помощи вращающегося барабана с намотанным  
на него тросом. Крышка хлопушки изготавливается из искробезопасного  
материала (алюминиевого сплава). По условному диаметру приёмно-раз-  
даточного устройства подбирают марку хлопушки.

Рекомендуемая подача нефтепродукта в процессе закачки-выкачки должна  
быть в пределах от 100 до 1300 м<sup>3</sup>/ч. При больших значениях подачи (скорости  
движения нефтепродукта) возможно образование статического электричества.

#### Выводы

Потери нефтепродуктов можно уменьшить путём подземного хране-  
ния, окраски в белый цвет наземных резервуаров, полного (допустимого)  
заполнения резервуаров; использования понтонов, дисков-отражателей,  
дыхательных клапанов, хлопушек (хлопуш); создания высокой герметич-  
ности резервуаров, дыхательных и предохранительных клапанов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Хранение нефти и нефтепродуктов: Учебное пособие. 2-ое изд., пере-  
раб. и доп./Под общей редакцией Ю.Д. Земенкова. – Тюмень: Издательство  
«Вектор Бук», 2003. – 536 с.
- 2 ГОСТ 25560-82. Устройства дыхательных цистерн для нефтепро-  
дуктов. Технические условия.
- 3 Рындин В.В. Теплотехника. – Павлодар: Издательство «Кереку»,  
2007. – 460 с.
- 4 Транспорт и хранение нефти и газа в примерах и задачах: Учебное по-  
сobie./Под общей редакцией Ю.Д. Земенкова. – СПб.: Недра, 2004. – 544 с.
- 5 Коршак А.А. Нефтебазы и АЗС: Учебное пособие/ А. А. Коршак,  
Г.Е. Корабейников, Е.М. Муфтахов.– Уфа: Дизайн полиграф сервис,  
2006. – 416 с.

6 РД 153 – 39.4 – 078 – 01. Правила технической эксплуатации резервуаров магистральных нефтепроводов и нефтебаз.

Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии, Омск;  
Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова,  
г.Павлодар. Материал поступил в редакцию 27.02.2012.

Ю.П. МАКУШЕВ, В.В. РЫНДИН  
МҰНАЙ ӨНІМДЕРІНІҢ САҚТАУЫ ЖӘНЕ ЖОҒАЛТУДЫҢ  
ТӨМЕНДЕУІ  
U.P. MAKUSHEV, V.V. RYNDIN  
STORAGE OF MINERAL OIL AND DECREASE IN THEIR LOSSES

**Түйіндемe**

*Мақалада мұнайды жоғалтудың төмендетуі оны жоғалтулардың себептері мен мұнай өнімдерінің сақтау ережелері баяндалады. Толықтырудың ашық және жабық әдістері арқылы мұнай өнімін жоғалту есебіне мысалдар келтірді.*

**Resume**

*In article the rules of storage of mineral oil, the reasons of their losses, recommendations on decrease in losses are worded, the example of calculation of losses of mineral oil for the open and closed methods of the infusion is given.*

УДК 621.91.02

**Ж.К. МУСИНА**  
**ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ**  
**РАСПОЛОЖЕНИЯ ВЕРШИН ДВУХВЕРШИННОГО**  
**СПИРАЛЬНОГО СВЕРЛА НА УСЛОВИЯ РЕЗАНИЯ**

При сверлении отверстий двухвершинным спиральным сверлом без поперечной кромки на укороченную внутреннюю режущую кромку АВ действует радиальная сила  $F_r$  и  $\Delta F_r$  – дополнительная сила, действующая на неукороченную режущую кромку CD (рисунок 1).

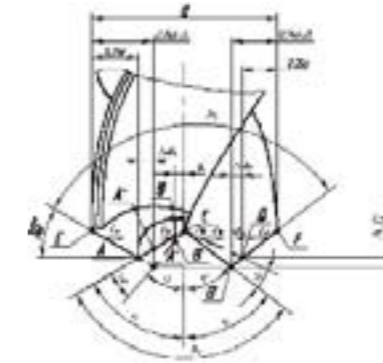


Рисунок 1 – Схема действия радиальных сил на укороченную и неукороченную режущие кромки

$\Delta = b_k$  – величина смещения в радиальном направлении вершина пера с укороченной режущей кромкой;

$\Delta = h$  – величина осевого смещения вершины двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки;

А'В' – новая режущая кромка взамен укороченной кромки АВ, образованная при замене угла  $\phi$  на угол  $\phi'$ .

$\Delta\phi'$  – величина уменьшения угла  $\phi'$  – половины обратного угла при вершине.

При выборе угла  $\phi' < \phi$  для увеличения длины режущих кромок на пера с укороченной режущей кромкой и создания более равновесного состояния поперечных сил, т.е. их выравнивания (на левом перае) оказалось, что (на обороте) только уменьшение угла с  $\phi$  до  $\phi'$  на неукороченной режущей кромке решает проблему. На рисунке 47 силы означают:

$F_{nr}$  – радиальная сила на внешней режущей кромке при первоначально (на обоих перьях);

$F_{vr}$  – радиальная сила на внутренней режущей кромке укороченной при принятом угле  $\phi$ ;

$\Delta F_{vr}$  – превышение силы действия детали на неукороченную режущую кромку. Для её нейтрализации на правом (на рисунке) перае нужно уменьшить  $\phi$  на внутренней режущей кромке до  $\phi'$ , тогда наружная режущая кромка удлинится на величину DD', равную величине укорочения внутренней режущей кромки, и поперечные силы уравновешиваются. Такие соотношения достигаются при смещении вершины пера с неукороченной внутренней режущей кромкой на величину  $\Delta AA' = BC$ , но смещать нужно только укороченную с точкой D, тогда силы примерно уравновешиваются.

Сдвиг вершин  $\Delta = b_k$  меньше ширины прорезаемой канавки, и их значения сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Значения величин смещения вершин в осевом направлении

d	$\Delta = b_k$	$\Delta h = b_k \cdot \text{tg} \varphi$
13,5	0,5	0,867
19,5	1	1,732
29,5	1,5	2,598

Профиль рабочей части сверла со смещённой по двум координатам вершиной представлен сплошными линиями. При этом  $CD' \approx CD$ , а поперечную силу  $\Delta F_{gr}$ , примерно равную  $\Delta F_{nr}$ , уравнивает  $\Delta F_{nr}$  с противоположным знаком, создаваемая на участке наружной режущей кромки  $DD' = BC$  [1, 2].

При осевом сдвиге вершин при врезании одной вершиной возникает поперечная сдвигающая сила (рисунок 2).

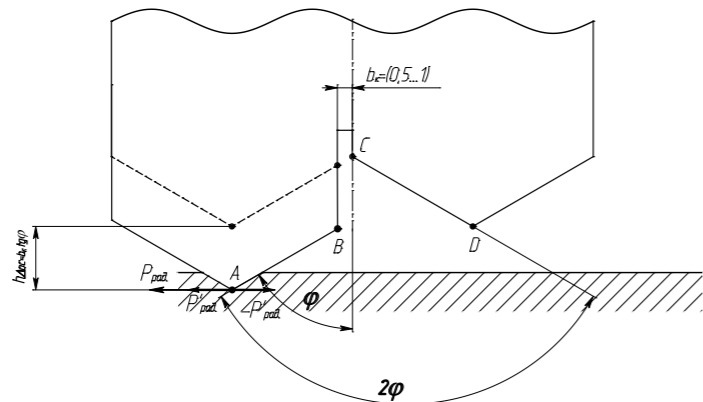


Рисунок 2 – Схема сдвига сверла со смещением вершины при врезании

Рассмотрим три варианта расположения вершин сверла:

- 1) симметрично относительно оси сверла,  $A = 0,25d$  (рисунок 3);
- 2) асимметрично относительно оси сверла со сдвигом к периферии,  $A = 0,4d$  (рисунок 4);
- 3) асимметрично относительно оси сверла ближе к центру,  $A = 0,1d$  (рисунок 5).

При симметричном расположении вершин с указанными на рисунке 48 параметрами наружные режущие кромки и неукороченная внутренняя режущая кромка равны между собой. Укороченная кромка короче на вели-

чину, пропорциональную ширине канавки  $b_k$ . Расчётные длины режущих кромок сведены в таблицу 2.

Длины режущих кромок одинаковые, все режущие кромки находятся в условиях нормального резания, а именно сил и температуры. Увеличенные скорости резания, на периферии сверла вызывают дополнительный тепловой поток в сверле к центру. Равные по величине режущие внутренние кромки, работающие с меньшими скоростями, резания получают дополнительное тепло, которое не вызывает их перегрева – работа всех режущих кромок осуществляется примерно в одинаковых условиях.

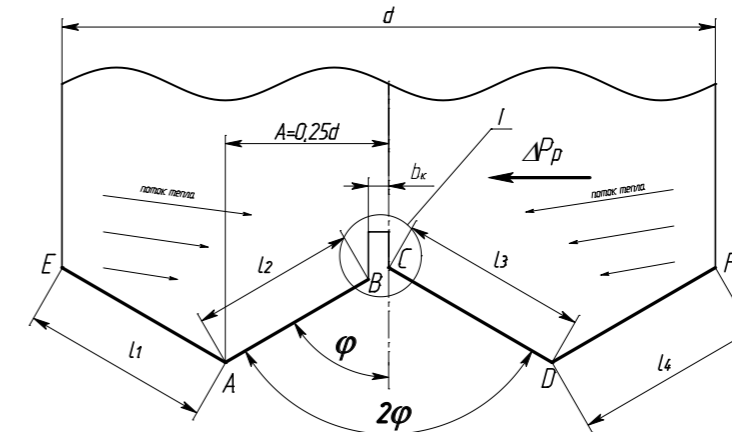


Рисунок 3 – Схема к проведению анализа условий резания при симметричном расположении вершин сверла

Таблица 2

Длина режущих кромок двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки

Диаметр сверла, d, мм	Длина режущих кромок, мм	Угол при вершине, 2φ		
		90	120	150
13,5	$l_1$	4,7730	3,8971	3,4941
	$l_2$	4,0659	3,3198	2,9765
	$l_3$	4,7730	3,8971	3,4941
	$l_4$	4,7730	3,8971	3,4941
19,5	$l_1$	6,8943	5,6292	5,0470
	$l_2$	5,4801	4,4745	4,0117
	$l_3$	6,8943	5,6292	5,0470
	$l_4$	6,8943	5,6292	5,0470
29,5	$l_1$	10,4298	8,5159	7,6352
	$l_2$	8,3085	6,7839	6,0823
	$l_3$	10,4298	8,5159	7,6352
	$l_4$	10,4298	8,5159	7,6352



Внешние режущие кромки, работающие при повышенных скоростях резания, подвергаются более высокому нагреву, причём сечение режущего клина у режущей кромки минимально, что приводит к их перегреву (рисунок 4). Длины рассчитанных режущих кромок сведены в таблицу 3.

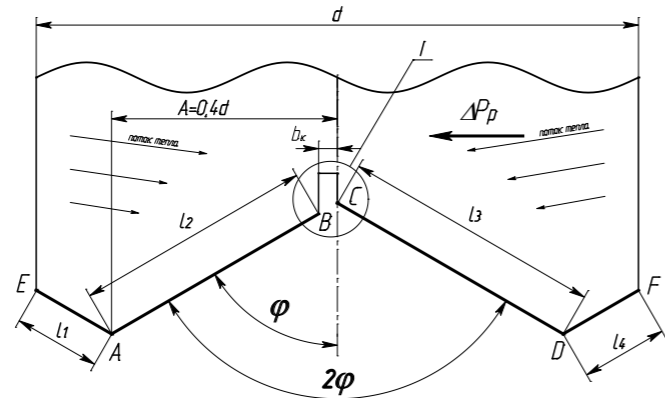


Рисунок 4 – Схема к проведению анализа условий резания при сдвиге вершин к периферии сверла

Таблица 3

Длина режущих кромок двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки

Диаметр сверла, d, мм	Длина режущих кромок, мм	Угол при вершине, 2φ		
		90	120	150
13,5	l <sub>1</sub>	1,9092	1,5588	1,3976
	l <sub>2</sub>	6,9297	5,6580	5,0729
	l <sub>3</sub>	7,6368	6,2354	5,5905
	l <sub>4</sub>	1,9092	1,5588	1,3976
19,5	l <sub>1</sub>	2,7577	2,2517	2,0188
	l <sub>2</sub>	9,6167	7,8520	7,0399
	l <sub>3</sub>	11,0309	9,0067	8,0752
	l <sub>4</sub>	2,7577	2,2517	2,0188
29,5	l <sub>1</sub>	4,1719	3,4064	3,0541
	l <sub>2</sub>	14,5664	11,8935	10,6634
	l <sub>3</sub>	16,6877	13,6255	12,2163
	l <sub>4</sub>	4,1719	3,4064	3,0541

При смещении вершин сверла к центру внутренние режущие кромки значительно уменьшаются по длине. На наружных режущих кромках большие скорости и сила резания, больше образуется тепла, часть которого устремляется к менее нагретой части сверла в области внутренних режущих кромок. Это приводит к дополнительному нагреву внутренних режущих кромок, что не улучшает условия работы такого сверла (рисунок 5). Длины расчётных режущих кромок сведены в таблицу 4.

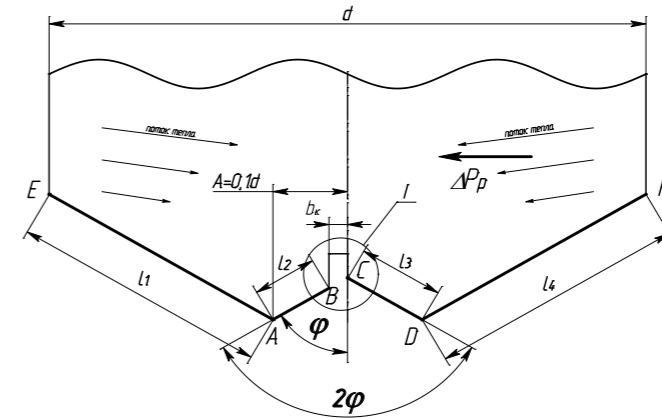


Рисунок 5 – Схема к проведению анализа условий резания при сдвиге вершин к центру сверла

Для полноты анализа рассматривалась заточка сверла при разных вариантах исполнения режущей части при разном сдвиге вершин сверла в поперечном (радиальном) направлении. В первом варианте более удобная для заточки периферийная часть. Во втором варианте более удобная для заточки также и периферийная часть. В третьем варианте также более удобная для заточки периферийная часть, заточка внутренней части (внутренних режущих кромок) одинакова по сложности для всех вариантов, т.к. ширина канавки  $b_k$  одинаковая (выделенный элемент  $I$  на рисунках 3 – 5).

Сдвигающая сила образуется как сумма всех радиальных сил на режущих кромках при работе сверла (рисунок 1).

$$P_{\text{сдв}} = (EA - DF)P_{\text{сдв}} + (AB - CD)P_{\text{сдв}} = -BC \times P_{\text{сдв}} = -\Delta P_p$$

Сдвигающая сила  $\Delta P_p$  действует влево.

Таблица 4

Длина режущих кромок двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки

Диаметр сверла, d, мм	Длина режущих кромок, мм	Угол при вершине, 2φ		
		90	120	150
13,5	l <sub>1</sub>	7,6368	6,2354	5,5905
	l <sub>2</sub>	1,2021	0,9814	0,8800
	l <sub>3</sub>	1,9092	1,5588	1,3976
	l <sub>4</sub>	7,6368	6,2354	5,5905

19,5	$l_1$	11,0309	9,0057	8,0752
	$l_2$	1,3435	1,0970	0,9835
	$l_3$	2,7577	2,2517	2,0188
	$l_4$	11,0309	9,0057	8,0752
29,5	$l_1$	16,6877	13,6255	12,2163
	$l_2$	2,6190	1,6743	1,5012
	$l_3$	4,1719	3,4064	3,0541
	$l_4$	16,6877	13,6255	12,2163

Таким образом, получены **следующие выводы**:

1. Определены длины режущих кромок для каждого 2 ф;
2. Разработаны схемы теоретического анализа – 3 варианта;
3. Установлено, что для всех соотношений положений двух вершин, т.к. она не может быть больше величины, регламентируемой шириной канавки между перьями вк;
4. Все варианты соотношений положений вершины равноценны с точки зрения заточки величины и разбивки.
5. Представленный вариант конструктивных параметров двухвершинного сверла является оптимальным с точки зрения условий теплоотвода и прочностных характеристик перьев сверла при сверлении отверстий (вариант 1, рисунок 3), т.к. имеет место одинаковая длина режущих кромок, а, следовательно, и удельное давление. Для второго варианта (рисунок 4) короткие наружные режущие кромки будут работать (с учётом всех видов теплообмена между режущими кромками) в более напряжённых условиях из-за уменьшения сечения и увеличенных скоростей резания соответственно больших диаметров у периферии сверла и пониженной прочности перьев у периферии. Для третьего варианта (рисунок 5), наоборот, повышенные тепловые нагрузки на небольших по длине внутренних режущих кромках, но в меньшей степени по сравнению с тепловыми нагрузками на наружных режущих кромках, и пониженную прочность перьев сверла у оси.
6. При наличии осевого сдвига вершин сверла возникает увод сверла, что отрицательно сказывается на качестве обработки. Для исключения увода сверла требуется предварительное засверливание отверстия и применение двухвершинного спирального сверла без поперечной кромки с направляющими выглаживающими ленточками. Также возможна обработка с использованием кондукторных втулок.
7. Окончательно принят первый вариант расположения вершин сверла, запатентованный и являющийся оптимальным с точки зрения геометрии и условий резания, теплоотвода при работе и условий прочности перьев сверла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Предварительный патент Республики Казахстан № 19559 на изобретение. Двухвершинное спиральное сверло без поперечной кромки с направляющими ленточками //Мусина Ж.К., Дудак Н.С.; опубл. 16.06.2008, Бюл. № 6. – 6 с.: ил.

2 Мусина Ж.К., Дудак Н.С. Выбор и расчет специального спирального сверла //Международная научная конференция молодых ученых, студентов и школьников «VIII Сатпаевские чтения». – Павлодар, - 2008. – Т 20. – С. 115 – 119.

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г.Павлодар. Материал поступил в редакцию 27.02.2012.

Ж.К. МУСИНА  
СПИРАЛЬ БҰРҒЫСЫНЫҢ ТӨБЕСІНДЕГЕКІ ТӨБЕНІ ОРНАЛАСТЫРА  
КЕСУ ШАРТЫНДА ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ ТАЛДАУДЫҢ ӘСЕРІ  
ZH.K. MUSSINA  
A GEOMETRIC ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF LOCATION OF  
BIMODAL SPIRAL DRILL'S PEAKS ON THE CUTTING CONDITIONS

*Түйіндемe*

*Автормен геометрия тұрғысынан бұрғының төбесінде орналастыру және кесу шарт түрлерін айтады.*

*Resume*

*The author provided a variation of drill peaks' location in terms of geometry and cutting conditions.*

УДК 621.771.073.8:669

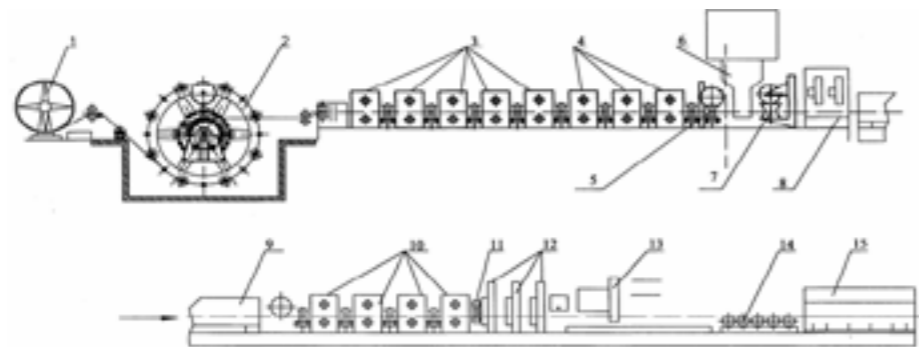
**А.А. НАУРАЗБАЕВА, Н.Т. БИЯКАЕВА**  
**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**  
**ПРОФИЛИРОВАНИЯ ТРУБ**  
**В НЕПРИВОДНЫХ ВАЛКАХ (ТУРГОЛОВКАХ)**

Современным требованиям энерго- и ресурсосбережения отвечают изделия, которые обеспечивают лучшее соотношение экономического эффекта от их применения к стоимости производства и эксплуатации. К

их числу относятся профильные трубы, имеющие некруглое поперечное сечение и обладающие пониженной металлоемкостью, рациональной формой, изготовленные из материалов, наиболее точно отвечающих требованиям эксплуатации. Применение этих изделий в различных отраслях машиностроения и металлургии обеспечивает получение значительного технического и экономического эффекта. Основными проблемами при получении профильных труб являются недостаточная точность трубного профиля и необходимость учета упругой деформации, а также возникновение разрушения труб из малопластичных материалов непосредственно в процессе профилирования или при их нормальной эксплуатации.

Наибольший интерес представляют профильные трубы, процесс деформации которых протекает путем изгиба стенки трубы. У таких типов труб величина и направление деформации стенки отличаются, что определяет особенности того или иного очага деформации, причем рабочие нагрузки, вызывающие деформации, также могут быть различными.

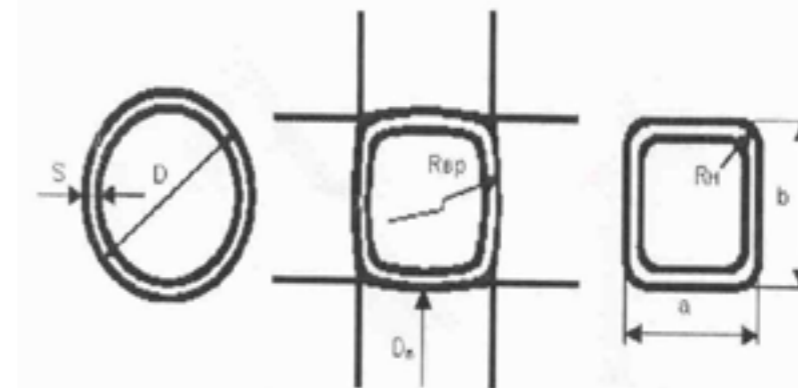
Одним из востребованных видов продукции черной металлургии в настоящее время являются профильные стальные трубы квадратного и прямоугольного сечения, которые получают на трубозлектросварочных агрегатах путем формовки и сварки круглой трубы с последующим профилированием в неприводных валках – турголовках (рисунок 1).



Разматыватель; 2. Спиральный накопитель; 3. Формовочные клетки с открытыми калибрами; 4. Формовочные клетки с закрытыми калибрами; 5. Шовонаправляющая клетка; 6. Установка ВЧС; 7. Сварочная клетка; 8. Гратосниматель; 9. Холодильник; 10. Калибровочный стан трубной заготовки; 11. Дефектоскоп; 12. «Турголовки»; 13. Летучая пила; 14. Отводящий рольганг; 15. Шлеппер и карман укладчика.  
Рисунок 1 - Схема расположения оборудования трубозлектросварочного агрегата «19-50»

В зависимости от назначения к профильным трубам предъявляются различные требования по радиусам скругления в углах профиля: например, для трубчатых балок для строительных конструкций радиус должен составлять  $(1,6-2,4)S$ , где  $S$  - толщина стенки, для конструктивных труб  $r = (0,8-1,2)S$ .

Для управления радиусами скругления профильных труб и производства продукции в соответствии с заказами необходимо определить геометрические и технологические параметры процесса профилирования (рисунок 2)



$a$  – ширина профиля;  $b$  – высота профиля;  $S$  – толщина стенки;  
 $R_{сп}$  – наружный радиус скругления;  $R_{вп}$  - радиус вреза валка;  
 $D$  – диаметр трубной заготовки;  $D_в$  – диаметр валка

Рисунок 2 – Геометрические параметры профилирования трубной заготовки

Указанные особенности приводят к необходимости создания методики построения геометрических и математических моделей процессов профилирования труб и разработке компьютерной базы данных, позволяющей производить оперативное построение или выбор необходимой модели профилирования.

Нужна методика, которая позволяет установить однозначные зависимости между радиусами скругления углов и технологическими параметрами. А также необходимо решить вопрос построения калибровки, обеспечивающей исключение потери устойчивости боковых граней при профилировании.

Указанную задачу можно решить методом математического моделирования трехмерного формоизменения трубной заготовки.

Основные факторы, влияющие на радиус скругления, определяются параметрами калибровки (глубина вреза калибра валка турголовки, ра-

диус вреза калибра первой турголовки) и размерами круглой трубы (S, a, b). Изменение данных параметров в условиях действующего ТЭСА (трубоэлектросварочного агрегата) представляется достаточно трудоемким и экономически нецелесообразным.

Рассмотрим влияние этих параметров на модели.

#### Трехмерная математическая модель формоизменения металла

Российскими учеными разработана методика моделирования процессов профилирования труб. При этом использован системный принцип построения решений, включающий описание входа и выхода системы очага деформации, обратной связи, и на этой основе, предложена процедура корректировки элементов системы.

Математическую модель создавали на основе программного продукта QFORM-3D, основанного на совместном решении уравнений теории пластичности и реологических зависимостей свойств материала от параметров деформации методом конечных элементов. Модель не учитывает упругие деформации. В качестве исходных данных принято:

- тип оборудования;
- предварительные операции - отсутствуют;
- материал заготовки – сталь 20;
- материал инструмента – инструментальная сталь X12ВМФ;
- температура заготовки – 20 °С;
- температура инструмента – 20 °С;
- геометрический файл (ранее сохраненный в формате SHL);
- фактор трения - 0,05;
- форма и размеры валкового инструмента;
- скорость движения трубной заготовки постоянная и равная 60 м/мин;
- исходная заготовка имеет цилиндрическую форму с начальной накопленной деформацией равной нулю и исходной температурой 20 °С.

С помощью математической модели были определены технологические параметры профилирования. Профилирование осуществляется в двух турголовках, первая из которых имеет вогнутые валки, а вторая – цилиндрические. Вид очага деформации при профилировании круглой трубы с разбиением на конечные элементы показан на рисунке 3.

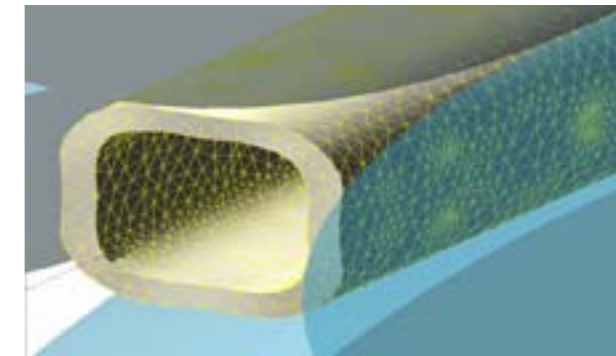


Рисунок 3 - Вид очага деформации при профилировании трубы

Разбиение на конечные элементы осуществляется в автоматическом режиме.

В результате моделирования были получены поля скоростей деформации, накопленной деформации за один и два прохода, а также поля средних напряжений, возникающих в процессе профилирования профильной трубы. Задавая различные размеры исходного штрипса, диаметра цилиндрической трубы и геометрии валкового инструмента возможно определить геометрические размеры получаемого профиля в зависимости от условий трения на контакте заготовки, по которым затем можно определить радиусы скругления готового профиля, а также выявить условия потери устойчивости полки профильной трубы в начальной стадии и на стационарном участке.

Перед исследованием течения металла в зависимости от технологических параметров проводили ее уточнение на основе экспериментальных данных. Исследование напряженно-деформированного состояния металла по периметру трубной заготовки проводили по следующей схеме:

Напряженно-деформированное состояние металла при профилировании по периметру трубы характеризуется 9 компонентами тензора напряжений и 9 компонентами тензора деформаций. Для наглядного представления и возможности анализа в качестве выходных расчетных характеристик модели использовали инварианты указанных тензоров, которые в полной мере характеризуют напряженно-деформированное состояние в точке.

Первый инвариант  $I_1 = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 3 \sigma_{ср}$  характеризует среднее гидростатическое давление.

Второй инвариант  $I_2 = \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_3\sigma_1$  характеризует интенсивность напряжений. Для оценки деформированного состояния использовали накопленную деформацию, суммируемую по итогам двух проходов, которая представляет собой интенсивность деформации и включает в себя все компоненты тензора деформаций в следующем виде:

$$\varepsilon = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{(\varepsilon_x - \varepsilon_y)^2 + (\varepsilon_y - \varepsilon_z)^2 + (\varepsilon_z - \varepsilon_x)^2} + 6(\varepsilon_{xy}^2 + \varepsilon_{yz}^2 + \varepsilon_{zx}^2)$$

На рисунке 4 приведен пример расчета поля накопленной деформации в продольном сечении трубной заготовки при профилировании трубы.

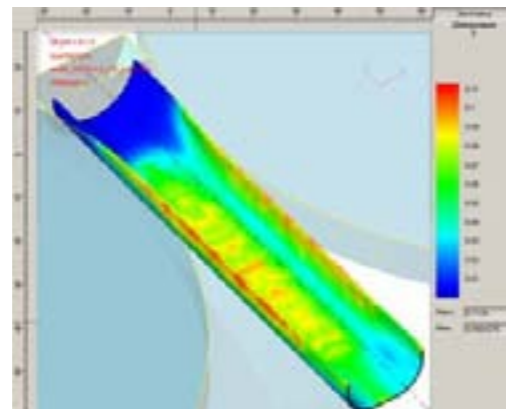


Рисунок 4 - Поле накопленной деформации в продольном сечении трубной заготовки при профилировании трубы  $\varnothing 24,5 \times 1,5$  мм в профиль  $22 \times 22$  мм с большими радиусами

С целью расчета калибров турголовки, как было показано ранее, необходимо определить радиус вреза первого калибра, при котором течение металла происходит без потери устойчивости и позволяет получить заданный радиус скругления в углах профиля. Для поиска оптимального варианта профилирования проводили расчеты для трубчатой балки  $22 \times 22 \times 1,5$  мм с радиусом скругления профиля:  $r = (2,8 - 4,8)S$  –исходя из рисунка 5, где  $S$  – толщина стенки.

Для этого с заданным шагом  $t$  варьировали технологические параметры процесса (диаметр исходной заготовки  $D_{исх}$ , радиус вреза  $R_{врез}$ ), при которых производился расчет напряженно-деформированного состояния заготовки по периметру и оценивалась устойчивость профиля.

Всего с помощью модели произведен расчет 240 вариантов возможных сочетаний технологических параметров. Расчеты по модели позволили выявить условия деформирования, обеспечивающие сохранение устойчивости стенки и заданный радиус кривизны в углах получаемой заготовки, а также определить влияние на него технологических параметров (рисунок 5).

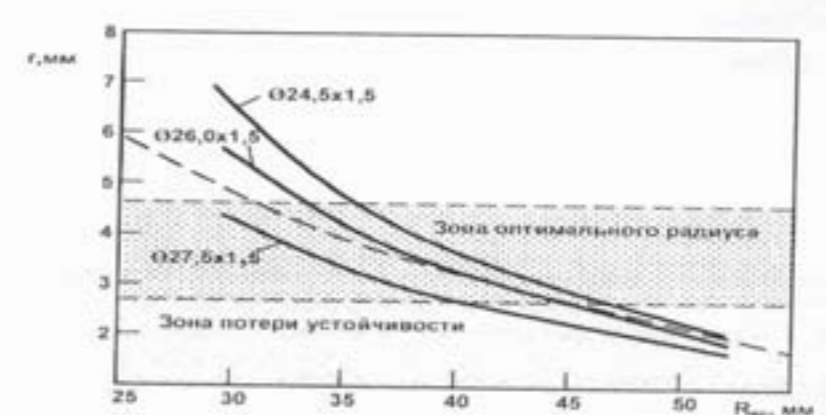


Рисунок 5 - Зависимость радиуса скругления от глубины вреза в первом калибре для различной исходной заготовки, определенная по модели.

Основной режим деформации заготовки в турголовках определяется выбором радиуса врезки в первом калибре турголовок, который, исходя из результатов моделирования и опытных данных, рекомендуется устанавливать в диапазоне  $R_{врез} = (1,15 - 1,17) a$  (b) для получения радиуса скругления  $1,6 S < R < 2,4 S$ .

Исходя из заданного радиуса скругления профиля предложена методика расчета и графического построения калибров турголовок. Изготовлены валки и проведены опытные прокатки, которые позволили получить прямоугольные профильные трубы с заданным радиусом скругления (рисунок 6).



Рисунок 6 - Поперечное сечение профильных труб

Таким образом, на основе программного продукта QFORM-3D:

1. Разработана математическая модель, описывающая деформацию цилиндрической заготовки при профилировании прямоугольных труб в неприводных четырехвалковых калибрах в линии трубоэлектросварочного агрегата.

2. С помощью математической модели определены геометрические параметры профилирования. Профилирование прямоугольных труб

осуществляется в двух турголовках, первая из которых имеет вогнутые валки, а вторая – цилиндрические.

3. Изготовлены валки и проведены опытные прокатки, которые позволили получить прямоугольные профильные трубы с заданным радиусом скругления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Данченко В.Н. Производство профильных труб. – М.: Интермет Инжиниринг, 2003. – 224 с.
- 2 Блинов Ю.И. Продольная прокатка труб в многовалковых калибрах. – Челябинск «МЕТАЛЛ», 1992.
- 3 Карамышев А. П., Некрасов И. И., Паршин С. В. Математическое моделирование процессов упругого нагружения методом конечных элементов: учебное пособие. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2002.
- 4 Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 428 с.
- 5 Шурупов А.К., Фрейберг М.А. Производство труб экономичных профилей. – Свердловск: Металлургиздат, 1963. – 296 с.

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г.Павлодар. Материал поступил в редакцию 27.02.2012.

А.А. НАУРАЗБАЕВА, Н.Т. БИЯКАЕВА  
 ҚҰБЫРЛАРДЫҢ СҰЛБАСЫН МАТЕМАТИКАЛЫҚ ҮЛГІЛЕУДЕГІ  
 ҮЗДІКСІЗ ВАЛКАНЫ  
 А.А. NAURAZBAEVA, N.T. BIYAKAEVA  
 MATHEMATICAL MODELING OF PIPES' FORMING IN THE NON-  
 DRIVE ROLLERS

*Tүйіндемe*

*Мақалада құбырлардың сұлбасын математикалық үлгілеудегі үздіксіз валканды металлургиялық әдісте құбыр сұлбасы арқылы қолдану қарастырылады.*

*Resume*

*This article discusses the application of profile pipes in metallurgy by means of mathematical modeling of pipes' profiling in non-drive rollers.*

**В.В. РЫНДИН**  
**РЕШЕНИЕ РАЗНОСТНЫХ УРАВНЕНИЙ**  
**ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ**  
**СИСТЕМЫ MATHCAD**

**Вводная часть.** В настоящее время при решении математических задач широко используется программирование в средах Fortran, Turbo Pascal, Delphi и др. При этом для выполнения даже небольших математических расчётов требуется знание основ программирования. При написании формул теряется их наглядность. Например, на языке Pascal  $\sqrt{x}$  записывается как sqrt(x), степень  $y^x$  как exp(x\*ln(y)) и т. п. Каждый раз при выводе на печать результатов расчёта по какой-либо формуле требуется давать специальное сообщение, а для выдачи графиков требуется написание самим пользователем специальных программ. Этих недостатков лишена новая математическая система Mathcad.

Mathcad – это интегрированная математическая система, позволяющая наглядно вводить исходные данные, проводить традиционное математическое описание решения задачи и получать результаты вычислений как в аналитическом, так и в численном виде с использованием при необходимости их графического представления. Запись математических выражений производится в традиционном виде с применением общепринятых знаков, таких как квадратный корень, знак деления в виде горизонтальной черты, знак интеграла, дифференциала, суммы и т. д.

Эта система имеет хорошо продуманные встроенные текстовый, формульный и графический редакторы. Они снабжены удобным пользовательским интерфейсом, обладают разнообразными математическими возможностями и ориентированы на нужды большинства пользователей – школьников, студентов, инженеров, экономистов, менеджеров, научных работников.

В Mathcad предусмотрен импорт любых графических изображений – от простых и специальных графиков функций до многокрасочных репродукций художественных произведений. Введены средства анимации рисунков и проигрывания видео файлов со звуковым стереофоническим сопровождением.

Mathcad – настолько мощные и гибкие системы, что вполне заслуживают описания во многих книгах. За рубежом им посвящены уже сотни книг. Наименования некоторых книг на русском языке даны в конце статьи [1 – 5]. Однако до настоящего времени эта система не нашла повсеместного

применения в учебной практике вузов при выполнении различных расчётов. Это обусловлено отсутствием как опыта работы преподавателей в системе Mathcad, так и соответствующих примеров расчёта в этой системе. В качестве некоторых примеров применения системы Mathcad в учебном процессе ПГУ им. С. Торайгырова можно привести работы [6 – 9].

Несмотря на то, что эта программа в основном ориентирована на пользователей-непрограммистов, Mathcad также используется в сложных проектах, чтобы визуализировать результаты математического моделирования.

В данной статье в качестве примера научного использования программы Mathcad приводится решение дифференциальных уравнений нестационарной теплопроводности конечно-разностным методом с использованием графической интерпретации получаемых температурных зависимостей для различных моментов времени. Цель данной работы – привлечь внимание преподавателей и аспирантов к использованию системы Mathcad при выполнении научных и исследовательских работ.

**Суть метода конечных разностей.** Аналитическое решение задач теплопроводности получено лишь для тел простой геометрической формы. Для тел сложной формы или при сложных краевых условиях уравнение теплопроводности не всегда возможно решить аналитически.

В связи с развитием вычислительной техники большее распространение получил *конечно-разностный* метод решения задач нестационарной теплопроводности, или метод *сеток*. В основе этого метода лежит допущение о возможности замены бесконечно малых изменений температуры во времени и в пространстве малыми, но конечными её изменениями. Тем самым непрерывный процесс изменения температуры в теле при его нагревании или охлаждении заменяется скачкообразным процессом.

В качестве примера рассмотрим одномерное уравнение теплопроводности Фурье [10]

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial \delta^2} \quad (1)$$

Суть метода сеток заключается в покрытии расчётной области  $(x, t)$  сеткой из  $M \times N$  точек. Тем самым определяются узлы, в которых будет осуществляться поиск решения. Конфигурацию узлов, используемую для разностной записи уравнений в частных производных на сетке, называют *шаблоном*, а полученную систему разностных уравнений – *разностной схемой*. На рисунке 1 изображены шаблоны аппроксимации *явной схемы* (а) и *неявной схемы* (б) для уравнения теплопроводности.

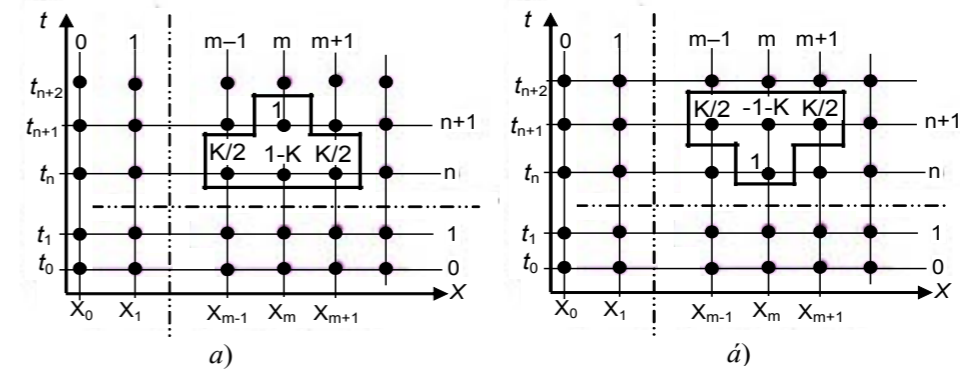


Рисунок 1 – Шаблоны аппроксимации явной схемы (а) и неявной схемы (б) для уравнения теплопроводности

Затем дифференциальное уравнение теплопроводности для одномерного нестационарного температурного поля (1) заменяется уравнением в конечных разностях для каждого  $(m, n)$ -го узла сетки

$$\frac{\Delta T_t}{\Delta t} = a \frac{\Delta^2 T_x}{\Delta \delta^2}, \quad (2)$$

где  $\Delta t$  и  $\Delta x$  – шаги соответственно по времени и по координате;  $a$  – температуропроводность вещества,  $i^2/\text{с}$ .

В соответствии с шаблоном для явной схемы (см. рисунок 1, а) частная производная по времени определится выражением

$$\frac{\Delta T_t}{\Delta t} = \frac{T_{m,n+1} - T_{m,n}}{\Delta t},$$

а частные производные по координатам соответственно справа (плюс) и слева (минус)

$$\left(\frac{\Delta T_x}{\Delta x}\right)_+ = \frac{T_{m+1,n} - T_{m,n}}{\Delta x}, \quad \left(\frac{\Delta T_x}{\Delta x}\right)_- = \frac{T_{m,n} - T_{m-1,n}}{\Delta x}.$$

Для второй производной в конечных разностях получим следующее выражение:

$$\frac{\Delta^2 T_x}{\Delta \delta^2} = \frac{1}{\Delta x} \left[ \left(\frac{\Delta T_x}{\Delta x}\right)_+ - \left(\frac{\Delta T_x}{\Delta x}\right)_- \right] = \frac{1}{\Delta x^2} (T_{m+1,n} - 2T_{m,n} + T_{m-1,n})$$

После подстановки соответствующих выражений в уравнение (2) получим

$$\frac{T_{m,n+1} - T_{m,n}}{\Delta t} = \frac{a}{\Delta x^2} (T_{m-1,n} - 2T_{m,n} + T_{m+1,n}) \quad (3)$$

Приведём в разностной схеме (3) подобные слагаемые, перенеся в правую часть значения сеточной функции с индексом  $n$  (как часто говорят, с *предыдущего слоя* по времени), а в левую – с индексом  $n+1$  (т. е. со *следующего временного слоя*). Кроме того, введём так называемый *коэффициент* (число) *Куранта*  $K$  для шагов сетки

$$K = 2a \frac{\Delta t}{\Delta x^2}. \quad (4)$$

С учётом этих замечаний, разностная схема (3) запишется в виде

$$T_{m,n+1} = \frac{K}{2} T_{m-1,n} + (1-K) T_{m,n} + \frac{K}{2} T_{m+1,n}. \quad (5)$$

Множители для каждого из значений сеточной функции (температуры  $T$ ) в узлах шаблона, соответствующие разностному уравнению (5), приведены рядом с каждой точкой шаблона на рисунке 1.

Для получения замкнутой системы разностных алгебраических уравнений систему (5) необходимо дополнить дискретным представлением начального условия

$$T(x, 0) = T_0(x)$$

и граничных условий

$$T(0, t) = f_0(t), \quad T(L, t) = f_1(t).$$

В соответствии с соотношением (5) каждое неизвестное значение сеточной функции со следующего временного слоя, т. е. левая часть этого соотношения **явно** выражается через три её значения с предыдущего слоя (правая часть), которые уже известны. Из-за того, что разностная схема сводится к такой явной подстановке, её и называют *явной*.

В отличие от явной разностной схемы в *неявной* разностной схеме (см. шаблон на рисунке 1, б) для дискретизации пространственной производной берутся значения сеточной функции с верхнего (неизвестного) слоя по времени. Таким образом, разностное уравнение для  $(m, n)$ -го узла будет отличаться от уравнения для явной схемы (3) только индексами по временной координате в правой части:

$$\frac{T_{m,n+1} - T_{m,n}}{\Delta t} = \frac{a}{\Delta x^2} (T_{m-1,n+1} - 2T_{m,n+1} + T_{m+1,n+1}).$$

Теперь надо выразить искомые  $T_{m,n+1}$  (на следующем шаге, или слое, по времени) через  $T_{m,n}$ . В отличие от явной схемы Эйлера, неизвестные на новом слое связаны между собой в линейное уравнение. Поэтому для нахождения массива  $T$  для каждого нового временного слоя требуется решить систему уравнений. Выпишем её для **неявной схемы** в привычном виде (приводя подобные члены)

$$0,5K T_{m-1,n+1} - (K+1) T_{m,n+1} + 0,5K T_{m+1,n+1} = -T_{m,n}. \quad (6)$$

Множители при неизвестных значениях сеточной функции в узлах шаблона показаны на рисунке 1, б в виде подписей, подобно тому, как это было сделано для явной схемы (см. рисунок 1, а).

**Пример расчёта в системе Mathcad.** В качестве примера применения метода конечных разностей рассмотрим случай остывания неравномерно нагретого стержня, на концах (границах) которого поддерживается постоянная температура  $T_{гр} = \text{const}$ . Для упрощения математических выкладок (для установления интервала изменения величин по оси ординат и абсцисс от нуля до единицы и использования стандартных программ) принимаем длину стержня  $L=1\text{м}$ , а в качестве искомой величины возьмём относительную избыточную температуру

$$\Theta = \frac{T - T_{гр}}{T_0 - T_{гр}},$$

где  $T_0$  – начальная температура в центральных областях стержня.

Подставляя выражение для температуры  $T = \Theta(T_0 - T_{гр}) + T_{гр}$  в (5) и приводя подобные члены, получим **явную** разностную схему в таком виде:

$$\Theta_{m,n+1} = \frac{K}{2} \Theta_{m-1,n} + (1-K) \Theta_{m,n} + \frac{K}{2} \Theta_{m+1,n}. \quad (7)$$

**Явная схема Эйлера.** Ниже приведено решение разностного уравнения (7) в системе Mathcad. Заметим, что всё ниже написанное, включая и комментарии, может составлять содержание программы расчёта – программа сама определяет, где текст, а где математические **выражения** (последние для наглядности будем выделять **жирным** шрифтом).

Задаём одинаковые граничные условия постоянства температуры на краях стержня (условие Дирихле) **Border(t):=0**.

Задаём начальное распределение температуры в виде прямоугольника (нагретая центральная часть стержня, см. рисунок 2) с помощью функции



Хевисайда  $\Phi(x)$  (даёт ноль при  $x < 0$  и единицу в противном случае), например, в таком виде:

$$\Theta_0(x) := \Phi(x-0.45) - \Phi(x-0.55)$$

( $x < 0,45 \rightarrow 0 - 0 = 0$ ;  $0,45 \leq x < 0,55 \rightarrow 1 - 0 = 1$ ;  $0,55 \leq x \rightarrow 1 - 1 = 0$ ).

Температуропроводность стержня  $a := 0.01 \text{ м}^2/\text{с}$ .

Длина стержня  $L = 1 \text{ м}$ .

Число точек по оси  $x$   $M := 20$ .

Пространственный шаг  $\Delta := \frac{L}{M} = 0.05 \text{ м}$ .

Дискретизация начального условия на сетке – переход от непрерывной функции  $\Theta_0(x)$  к дискретной функции  $\Theta_{0,m}$ , т. е. создание массива (рисунок 3)

$$m := 0..M, \quad \Theta_{0,m} := \Theta_0(m \cdot \Delta)$$

Шаг по времени определяем из условия, что явная разностная схема является устойчивой, если число Куранта (4) меньше единицы. Принимаем, например,  $K := 0.4$ , тогда шаг по времени  $\delta := \frac{K \cdot \Delta^2}{2a} = 0.05 \text{ с}$ .

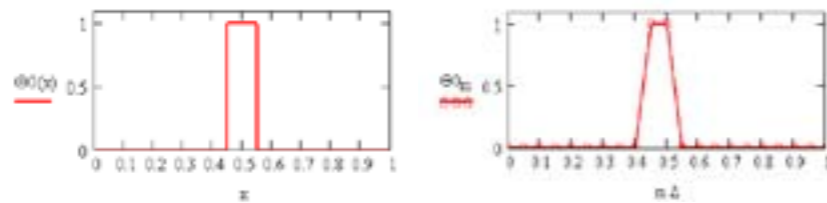


Рисунок 2 – Начальное распределение температуры по длине стержня

Рисунок 3 – Дискретизация начального условия на сетке

Возможное программное решение разностной схемы приводится ниже в виде программного модуля, причём функция пользователя  $\Theta(n)$  задаёт вектор распределения искомой относительной температуры в каждый момент времени (иными словами, на каждом временном слое), задаваемом целым числом  $n$ .

Основными инструментами работы в Mathcad являются математические выражения и функции, записываемые в одну строку, что позволяет создавать лишь линейные программы, то есть осуществляющие последовательные вычисления от начала к концу программы. Для осуществления циклов, а также задания переменных и функций, записываемых в несколько строк (например, возвращение различных значений в за-

висимости от условий), используются специальные программные блоки (модули). Программный модуль в тексте документа выделяется жирной вертикальной линией. Программные элементы, входящие в программный блок, выбираются с помощью панели инструментов Программирование (Programming). В качестве основных программных элементов можно отметить следующие (имена программных операторов не следует вводить с клавиатуры):

**Add Line** (добавить линию), – создаёт и при необходимости расширяет жирную вертикальную линию, справа от которой в шаблонах (местозаполнителях) задаётся запись программного блока;

$\leftarrow$  – символ локального присваивания (значение величины задаётся и определяется только в теле модуля);

**if** (если) – оператор условного выражения (если условие выполняется, то выполняется выражение, стоящее перед **if**);

**otherwise** (иначе) – оператор иного выбора (обычно применяется с **if**);

**for** (для) – оператор задания цикла с фиксированным числом повторений (с шагом +1 от указанного начального значения до конечного значения).

Программный модуль решения может быть записан в таком виде:

$$F(\Theta) := \begin{array}{l} v_0 \leftarrow \text{Border}(\tau) \\ v_M \leftarrow \text{Border}(\tau) \\ \text{for } m \in 1..M-1 \\ v_m \leftarrow \Theta_{m-1} \cdot \frac{K}{2} + \Theta_m \cdot (1-K) + \Theta_{m+1} \cdot \frac{K}{2} \\ v \end{array}$$

$$\Theta(n) := \begin{cases} \Theta_0 & \text{if } n = 0 \\ F(\Theta(n-1)) & \text{otherwise} \end{cases}$$

Начальное распределение температуры  $\Theta_{0,m}$  вдоль расчётной области и решение для трёх моментов времени (для трёх временных слоёв  $n = 1, 3$  и  $30$ ) показаны на рисунке 4. Физически такое поведение вполне естественно – с течением времени тепло (хаотическое движение) из более нагретой области перетекает в менее нагретую, а зона изначально высокой температуры остывает и размывается.

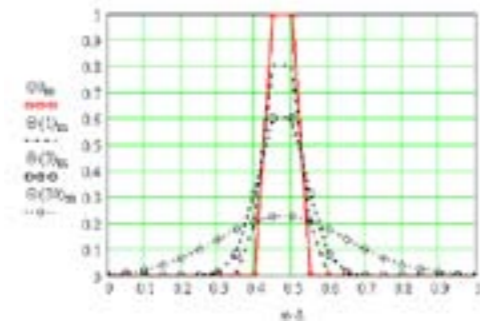


Рисунок 4 – Начальное распределение относительной избыточной температуры и решение для трёх моментов времени

Как уже отмечалось, явная разностная схема Эйлера для задачи теплопроводности является устойчивой, если соотношение Куранта меньше 1. Если же оно превышает 1, то разностная схема неустойчива, и её ответ неверен. Так, если в начале расчёта принять число Куранта  $K=1.6$ , то решение на первых шагах по времени имеет вид, приведённый на рисунке 5.

Из физических соображений очевидно, что это решение неверно. О неустойчивости схемы говорит характерная «разболтка» сеточного решения.

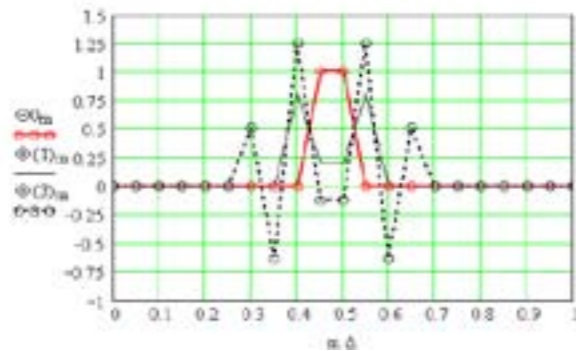


Рисунок 5 – «Разболтка» сеточного решения при соотношении Куранта больше 1 ( $K = 1,6$ )

**Неявная схема Эйлера.** В отличие от явной схемы Эйлера, неявная схема является безусловно-устойчивой (т. е. не выдающей «разболтки» ни при каких значениях числа Куранта). Однако ценой устойчивости является необходимость решения на каждом шаге по времени системы алгебраических уравнений (6), которая для относительной избыточной температуры  $\Theta$  имеет вид

$$0,5K\Theta_{m-1, n+1} - (K + 1)\Theta_{m, n+1} + 0,5K\Theta_{m+1, n+1} = -\Theta_{m, n}. \quad (8)$$

Неявная схема (8) приводит к системе линейных уравнений  $A\Theta_{n+1} = b$  с матрицей  $A$  и вектором правых частей  $b = -\Theta_n$ . Для реализации неявной схемы, таким образом, можно использовать комбинацию средств программирования Mathcad и встроенной функции решения системы линейных уравнений  $lsolve(A,b)$ . Ниже приводится один из возможных способов решения:

$$\begin{aligned} \text{Border}(t) &:= 0, \quad \Theta_0(x) := \Phi(x-0,45) - \Phi(x-0,55), \\ a &:= 0,01 \text{ М}^2/\text{с}; \quad L = 1 \text{ М}; \quad M := 20; \quad \Delta := \frac{L}{M} = 0,05 \text{ М}; \\ K &:= 1,6; \quad \delta := \frac{K \cdot \Delta^2}{2a} = 0,2 \text{ с}; \\ m &:= 0..M; \quad \Theta_0_m := \Theta_0(m \cdot \Delta); \\ m &:= 1..M-1; \quad A_{m,m} := -K-1; \quad A_{m,m-1} := 0,5 \cdot K; \\ A_{m,m+1} &:= 0,5 \cdot K; \quad A_{0,0} := 1; \quad A_{M,M} := 1; \end{aligned}$$

$$\Theta(n) := \begin{cases} \Theta_0 & \text{if } n = 0 \\ lsolve(A, -\Theta(n-1)) & \text{otherwise} \end{cases}$$

В первой строке вводятся начальные и граничные условия; во второй строке – теплопроводность, длина стержня, число точек по оси  $x$ , шаг по координате; в третьей строке – число Куранта и шаг по времени; в четвёртой строке – дискретизация начального условия на сетке (значение значений температуры в узлах сетки в начальный момент времени); в пятой и шестой строках – формируется матрица системы уравнений  $A$ , которая записывается в подходящем для Mathcad виде. В последней строке определяется функция пользователя, вычисляющая сеточную функцию на каждом временном слое (при помощи встроенной функции решения линейных уравнений  $lsolve(A,b)$ ). Как несложно убедиться, столбец правых частей разностных уравнений выражается вычисленными значениями сеточной функции с предыдущего слоя.

Результаты расчётов по неявной схеме для числа Куранта больше единицы ( $K = 1,6$ ) показаны на рисунке 6.

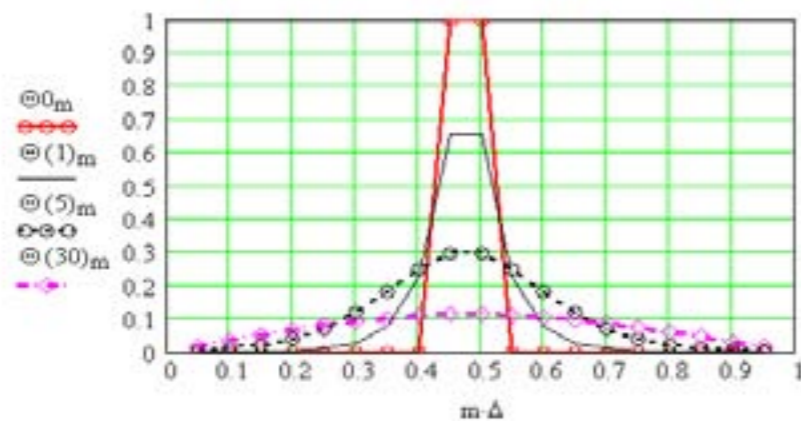


Рисунок 6 – Результаты расчёта по неявной схеме для соотношения Куранта больше единицы ( $K = 1,6$ )

Как видим, неявная схема устойчива и при  $K > 1$ . Сравнение результатов расчёта по явной и неявной расчётным схемам показывает, что при одинаковых числах Куранта имеется некоторое несовпадение для первых временных слоёв, достигающее 5 % при  $K = 0,4$  и до 30 % при  $K = 0,8$ . С уменьшением числа Куранта  $K$  несовпадение уменьшается.

**Заключение.** На примере расчёта изменения температуры по длине стержня при его остывании и представления температурных зависимостей в виде графиков для произвольных моментов времени показана возможность использования системы Mathcad не только для учебных и инженерных расчётов, но и для программирования различных физических процессов при проведении научных исследований.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кирьянов Д.В. Mathcad 13. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 608 с.: ил.
- 2 В.Ф. Очков. Mathcad 14 для студентов и инженеров: русская версия. – СПб.: ВHV-Петербург, 2009. – 467.
- 3 Кирьянов Д.В. Mathcad 15 / Mathcad Prime 1.0. В подлиннике. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 432 с. : ил.
- 4 Панферов А. И., Лопарев А. В., Пономарев В. К. Применение Mathcad в инженерных расчетах: Учеб. пособие / СПбГУАП. СПб., 2004. – 88 с.: ил.
- 5 Половко А. М., Ганичев И. В. Mathcad для студента. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 336 с.: ил.
- 6 Ахметов С.А., Рындина Д.В., Рындин В.В. Применение математической системы Mathcad в курсовом проектировании по теории ДВС. / Материалы научной конференции молодых учёных, студентов

и школьников «V Сатпаевские чтения». Павлодар: НИЦ ПГУ им. С.Торайгырова, 2005.

7 Рындин В.В. Расчёт турбокомпрессора с использованием математической системы Mathcad. Методические указания к курсовой работе по газовой динамике и агрегатам наддува для специальности 280440 «Двигатели внутреннего сгорания». Павлодар: НИЦ ПГУ им. С.Торайгырова, 2005. – 50 с.: ил.

8 Рындин В.В., Макушев Ю.П. Газовая динамика и агрегаты наддува. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Газовая динамика и агрегаты наддува» для специальности 280440 «Двигатели внутреннего сгорания». Павлодар: Керек, 2007. – 63 с.: ил.

9 Хайбулина Р.А., Рындин В.В. Автоматизированный расчёт гидропривода с использованием системы Mathcad // Наука и техника Казахстана. – 2010. – № 4. – С. 109 – 118.

10 Рындин В.В. Теплотехника. – Павлодар: Издательство «Керек», 2007. – 460 с.

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г.Павлодар. Материал поступил в редакцию 27.02.2012.

В.В. РЫНДИН  
 MATHCAD ЖҮЙЕСІН ҚОЛДАНЫСПЕН ЖЫЛУ ӨТКІЗГІШТІКТІҢ  
 АЙЫРЫМДЫҚ ТЕНДЕУЛЕРДІҢ ШЕШІМІ  
 V.V. RYNDIN  
 THE DECISION OF DIFFERENTIAL EQUATIONS OF HEAT  
 CONDUCTIVITY WITH USE OF THE SYSTEM OF MATHCAD

#### Түйіндеме

*MathCAD жүйесін қолданыспен ақырлы айырымдық жуықтама әдісімен стационар емес жылу өткізгіштіктің дифференциалдық теңдеулердің шешімі беріледі.*

#### Resume

*The decision of the differential equations of non-stationary heat conductivity by a method of finite-difference approximation with use of the system of Mathcad is given.*

**М.М. СУЮНДИКОВ, Ж. ШОШАЙ, М.Ж. ТУСУПБЕКОВА**  
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССОВ**  
**ОСАЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ**  
**ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ СЕТОК**

Различают три механизма осаждения включений в объеме фильтра [1]: ситовой механизм с осаждением на входной поверхности крупных частиц, превосходящих по размеру отверстий фильтра; адгезионный (глубинный) с осаждением тонкодисперсных включений на внутренней поверхности каналов фильтра; механизм так называемой «кейк» фильтрации с задержанием более мелких частиц в слое осадка на входной поверхности фильтра.

В опытах приняли гипотезу: 1) о одновременном и равномерном сужении всех отверстий фильтровальных сеток в результате адгезионного осаждения частиц; 2) о одновременном полном закупоривании отдельных отверстий, равномерно распределенных по всей площади сетки.

Отверстия выполнялись цилиндрическими, диаметром каждого из них 4 мм, которые из одного опыта к другому уменьшали путем выполнения отверстий диаметром 3 и 2 мм с тем же количеством и тем же расположением.

В первых опытах с сеткой  $d_{отв} = 4$  мм изучали сопротивление сеток в исходном, чистом от осаждаемых включений, состоянии. Доля открытой потоку поверхности составляла  $\varepsilon = 0,4$ . Испытывали два варианта сеток с толщиной  $L = 12$  мм и  $L = 25$  мм, что позволяло выявить также влияние толщины существующих фильтровальных сеток. Результаты опытов выражены в виде зависимости коэффициента сопротивления от числа Рейнольдса  $Re$  (рис.1): 1 – сетка с  $L = 12$  мм; 2 – сетка с  $L = 25$  мм.

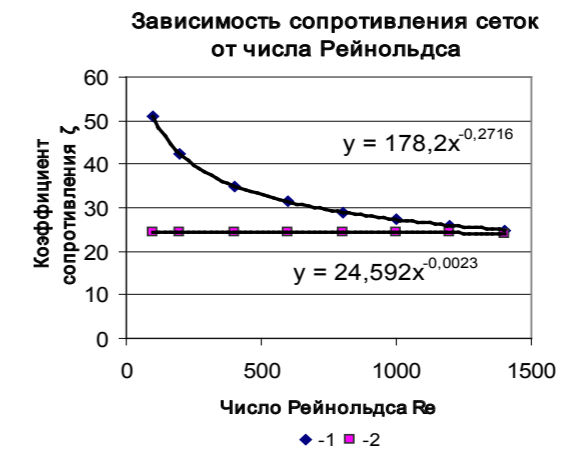


Рисунок 1

Выявленная особенность заключается в том, что гидравлическое сопротивление сетки с толщиной  $L = 12$  мм оказывается функцией числа Рейнольдса  $Re$ , а сопротивление сетки с  $L = 25$  мм практически не зависит от  $Re$  и равно  $\zeta = 24...25$ . При малых  $Re < 1000$  сетка с  $L = 12$  мм обладает большим сопротивлением. Чем меньше  $Re$ , тем больше ее значение. Далее, с приближением  $Re$  к числу 1500, сопротивление сетки с  $L = 12$  мм сравнивается с сопротивлением сетки с  $L = 25$  мм.

В следующих опытах в первой сетке диаметры отверстий составлял  $d_{отв} = 3$  мм, что имитировало состояние фильтровальной сетки с равномерно осажденными внутри каналов частицами слоем толщиной 0,5 мм по первой гипотезе (рис.2, а). Во второй сетке с  $d_{отв} = 4$  мм были полностью закрыты отдельные отверстия, имитируя процесс закупоривания части открытой площади фильтровальных сеток по второй гипотезе (рис.2, б). Доля открытой поверхности в них была равна и составляла  $\varepsilon = 0,23$ .

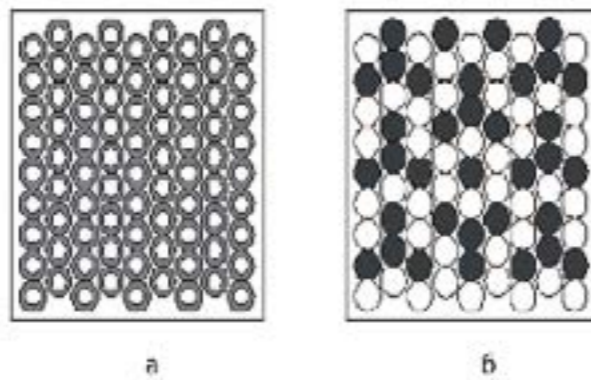


Рисунок 2

Результаты опытов показаны на рис.3: 1 – сетка с  $L = 12$  мм,  $\text{dotв} = 4$  мм и отдельными закрытыми отверстиями; 2 – сетка с  $L = 25$  мм,  $\text{dotв} = 3$  мм; 3 – сетка с  $L = 24$  мм,  $\text{dotв} = 4$  мм и отдельными закрытыми отверстиями.

В этих опытах больше всех сопротивление при малых  $Re$  оказалось у сетки с меньшим диаметром отверстий 3 мм, и характер кривой вполне соответствует законам гидравлики, согласно которым чем меньше размеры каналов, тем явнее становится проявление сил вязкого трения и сопротивление больше зависит от числа Рейнольдса, чем от геометрических особенностей препятствий местного характера. При дальнейшем росте числа  $Re$  в пределах  $Re > 1500 \dots 1700$  сопротивление данной сетки продолжая уменьшаться оказывается меньше чем сопротивление третьей сетки. Также подтверждается предположение о том, что чем меньше толщина, тем меньше должно быть сопротивление фильтра потоку, в чем можно убедиться по взаимному расположению кривых двух сеток с  $L = 24$  мм и  $L = 12$  мм. Вторая находится ниже и показывает сопротивление  $\zeta = 50 \dots 51$ .

Аналогичные опыты проведены для случая когда из-за продолжающегося накопления неметаллических частиц в объеме фильтра его проходная площадь уменьшилась еще больше и доля открытой площади составляет  $\varepsilon = 0,10$ .

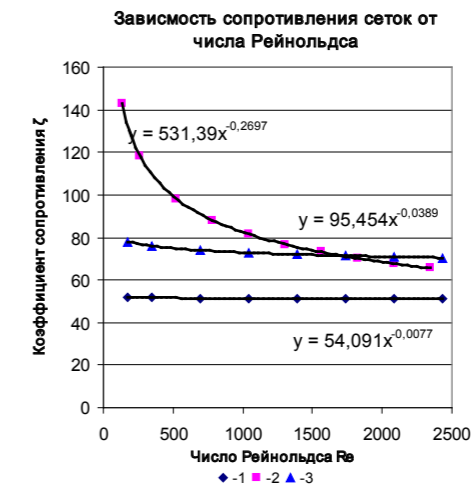


Рисунок 3

Для этого диаметр отверстий выполнялся равным 2 мм по первой гипотезе и закрывались больше отверстий по второй гипотезе. По данным экспериментов построены графики для испытанных сеток (рис.4): 1 – сетка с  $L = 12$  мм,  $\text{dotв} = 4$  мм и отдельными закрытыми отверстиями; 2 – сетка с  $L = 25$  мм,  $\text{dotв} = 2$  мм; 3 – сетка с  $L = 24$  мм,  $\text{dotв} = 4$  мм и отдельными закрытыми отверстиями.

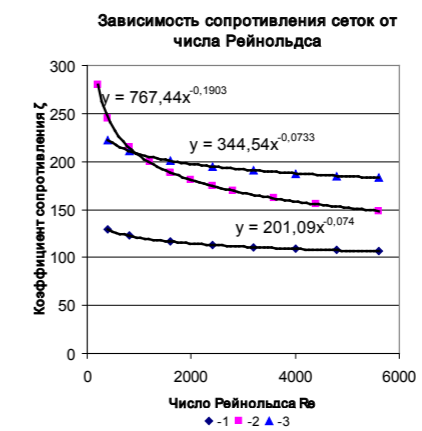


Рисунок 4

Результаты повторили картину предыдущего опыта с той лишь разницей, что пересечение кривых двух верхних сеток происходит на ранних стадиях роста числа Рейнольдса. Хотя если сравнить их значения, то можно видеть, что это происходит при тех же  $Re > 1500$ . Естественно, с

уменьшением доли открытой площади увеличились значения коэффициента сопротивления у всех сеток по сравнению с предыдущим опытом, особенно для двух сеток с частично закрытыми отверстиями - в 2...3 раза.

В подавляющем большинстве случаев кривые расположены практически горизонтально, с небольшим углом к оси абсциссы, что свидетельствует о доминирующем турбулентном режиме течения в отверстиях фильтровальных сеток. Также обнаружено, что уменьшение диаметра отверстий сеток оказывает больше сопротивления потоку при малых значениях чисел Рейнольдса, чем уменьшение количества открытых отверстий из-за закупоривания других. Выявлена тенденция продолжающегося уменьшения сопротивления сеток с постепенным сужением отверстий с ростом числа Рейнольдса, и после достижения определенных значений, например  $Re > 1500$ , коэффициент сопротивления такой сетки оказывается меньше сопротивления сетки с отдельными закупоренными отверстиями.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Фильтрация металла в литевой форме //Сборник материалов по фильтрам, эффективности применения, опыту использования в отечественной и зарубежной практике. Москва, 2005.

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г.Павлодар. Материал поступил в редакцию 27.02.2012.

М.М. СУЮНДИКОВ, Ж. ШОШАЙ, М.Ж. ТУСУПБЕКОВА  
 ҮЛГІНІҢ ӘСЕР ЕТУІ БӨЛШЕКТІ ТҮНДІРУЫНА БАЙЛАНЫСТЫ  
 ФИЛЬТРЛІК ТОРДЫҢ КЕДЕРГІСІН ТУДЫРУЫ  
 M.M. SUYUNDIKOV, ZH. SHOSHAY, M.ZH. TUSUPBEKOVA  
 MODELING THE INFLUENCE OF DEPOSITION OF PARTICLES ON  
 THE RESISTANCE OF FILTER GRIDS.

#### Түйіндеме

*Автор мақаласында фильтр көлемінде механизмнің түндыруына қосылуын қарастырады. Гидро модельдеу ағынына кедергі екі бірінші механизмнің ықпалын түбегейлі бағалау мақсатында бұл процестер өткізілген.*

#### Resume

*In this paper the author examines the mechanisms of deposition of inclusions in a filter's volume. In order to assess the impact of the first two separate mechanisms on the flow resistance hydrocode simulation of these processes have been conducted.*

#### НАШИ АВТОРЫ

**Алушаева Г.Г.** – студент, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г. Астана.

**Биякаева Н.Т.** - к.т.н., профессор кафедры металлургии, факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова.

**Богомоллов А.В.** - доцент кафедры металлургии, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова.

**Быков П.О.** - к.т.н., доцент кафедры металлургии, факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова.

**Генералова Г.В.** - преподаватель специальных дисциплин, машиностроительный колледж.

**Данчик А.И.** - к.т.н., профессор, кафедра машиностроения и стандартизация, факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова.

**Дузелбаев С.Т.** – к.и.н., доцент, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г. Астана.

**Дудак Н.С.** - к.т.н., профессор кафедры машиностроения и стандартизации, факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский госу-

дарственный университет имени С. Торайгырова.

**Жанабаева Г.М.** - магистрант кафедры металлургии, факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова.

**Исмагулова Саракуль Оразалиевна** - д.т.н., профессор кафедры транспортного строительства, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени Тыншпаева.

**Карягин Александр Васильевич** - магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова.

**Касенов А.Ж.** - к.т.н., доцент кафедры металлургии, факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова.

**Макушев Юрий Петрович** – к.т.н., доцент кафедры теплотехника и тепловые двигатели, Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия, г. Омск.

**Мусина Ж.К.** – к.т.н, доцент кафедры машиностроения и стандартизация, факультета металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова.

**Мырзабеков Жомарт Сырлыбаевич** - студент, Казахская акаде-

мия транспорта и коммуникаций имени Тынышпаева.

**Науразбаева А.А.** - магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова.

**Ожгихин Н.** - учащийся, машиностроительный колледж, г. Павлодар.

**Пышной Ю.В.** – главный конструктор КЖД, конструкторное бюро машиностроения, г. Астана.

**Рындин Владимир Витальевич** – к.т.н., профессор кафедры механика и нефтегазовое дело, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова.

**Сержанов Р.И.** - к.т.н., профессор кафедры металлургии, факультета металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова.

**Суюндиков М.М.**- к.т.н., профессор кафедры металлургии, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова.

**Тусунбекова М.Ж.**- ст. преподаватель, магистр кафедры металлургии, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова.

**Шошай Ж.**– преподаватель, магистр кафедры металлургии, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова.

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. В журналы принимаются статьи по всем научным направлениям в 1 экземпляре, набранные на компьютере, напечатанные на одной стороне листа с межстрочным интервалом 1,5, с полями 30 мм со всех сторон листа, название статьи: кегль - 14 пунктов и дискета со всеми материалами в текстовом редакторе “Word 7,0 (97, 2000, 2007) для WINDOWS”.

2. Общий объем статьи, включая аннотацию, литературу, таблицы и рисунки, не должен превышать **8-10 страниц**.

3. Статья должна сопровождаться рецензией доктора или кандидата наук для авторов, не имеющих ученой степени. Для статей, публикуемых в Вестник химико-биологической серии, требуется экспертное заключение.

**Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со следующими правилами:**

1. УДК по таблицам универсальной десятичной классификации;

2. Название статьи - на казахском, русском и английском языках, заглавными буквами жирным шрифтом, абзац центрованный;

3. Инициалы и фамилия(-и) автора(-ов), полное название учреждения;

4. Резюме на казахском, русском и английском языках: кегль - 10 пунктов, курсив, отступ слева-справа — 1 см, интервал 1,0; для Вестников химико – биологической серии требуется также экспертное заключение (см. образец);

5. Текст статьи: кегль - 14 пунктов, гарнитура - Times Nev Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times

Nev Roman (для казахского языка).

6. Межстрочный интервал 1,5 (полуторный);

7. Список использованной литературы (ссылки и примечания в статье обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки). Список литературы должен быть оформлен в соответствии с ГОСТ 7.1-84 (см. образец).

### На отдельной странице

В бумажном и электронном вариантах приводятся:

- **сведения об авторе:** - Ф.И.О. полностью, ученая степень и ученое звание, место работы (для публикации в разделе «Наши авторы»);

- **полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов,**

E-mail (для связи редакции с авторами, не публикуются);

- название статьи и фамилия (-и) автора (-ов) на казахском, русском и английском языках (для «Содержания»).

1. Иллюстрации. Перечень рисунков и подрисуночные надписи к ним представляются по тексту статьи. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

2. Математические формулы должны быть набраны как Microsoft Equation (каждая формула - один объект).

3. Автор просматривает и визирует гранки статьи и несет ответственность за содержание статьи.

4. Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи.

Рукописи, диски и дискеты не возвращаются. Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.

5. Оплата за публикацию в Вестнике составляет 5000 (Пять тысяч) тенге.

6. Статью (бумажная, электронная версии, оригинал квитанции об оплате) следует направлять по адресу:

140008, Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, Издательство «Кереку», каб. 137

Тел. 8 (718-2) 67-36-69, (внутр. 147; 183) факс: 8 (718-2) 67-37-02.

E-mail: kereku@mail.ru

**Наши реквизиты:**

РГКП Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова  
РНН 4 5 1 8 0 0 0 3 0 0 7 3  
БИН 990 140 004 654

АО«Цеснабанк»  
Код сектора экономики – 6  
Признак резиденства -1  
ИИК 579 9 8 F T B 0 0 0 0 0 0 3 3 1 0  
БИК T S E S K Z K A

**ОБРАЗЕЦ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ:**

ISSN 1811-1815. Вестник ПГУ. Сер. гум., 2010. № 2  
УДК 316:314.3

**А.Б. ЕСИМОВА**

**СЕМЕЙНО-РОДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ КАК СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ В РЕАЛИЗАЦИИ РЕПРОДУКТИВНОГО МАТЕРИАЛА**

Одной из актуальных проблем современности является проблема демографическая. Еще в XX веке исследователи активно занимались поиском детерминант рождаемости, выявлением факторов, определяющих реализацию репродуктивных планов семей, индивидов.

*Продолжение текста публикуемого материала.*

*Пример оформления таблиц, рисунков, схем:*

Таблица 1

Суммарный коэффициент рождаемости отдельных национальностей

	СКР, 1999 г.	СКР, 1999 г.
Всего	1,80	2,22

Диаграмма 1

Показатели репродуктивного поведения

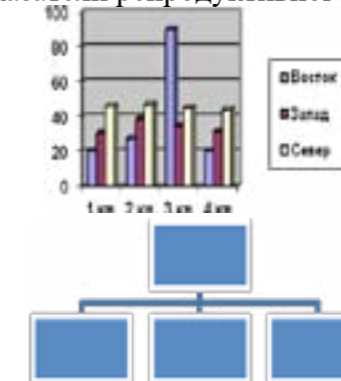


Рисунок 1 – Социальные взаимоотношения

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- 1 Этнодемографический ежегодник Казахстана. Статистический сборник. – А., 2006. – С.424.
- 2 Бурдые П. Формы капитала // Экономическая социология. – Т.3, №5. – 2002.-С.66.

*Место работы автора (-ов):*

Международный Казахско-Турецкий университет им. Х.А. Яссави, г. Туркестан.

А.Б. ЕСИМОВА

**ОТБАСЫЛЫҚ-ТУЫСТЫ ҚАТЫНАСТАР РЕПРОДУКТИВТІ МІНЕЗ-ҚҰЛЫҚТЫ ЖҮЗЕГЕ АСЫРУДАҒЫ ӘЛЕУМЕТТІК КАПИТАЛ РЕТІНДЕ**

A.B. YESSIMOVA

**THE FAMILY-RELATED NETWORKS AS SOCIAL CAPITAL FOR REALIZATION OF REPRODUCTIVE BEHAVIORS**

**Түйіндемe**

*Бұл мақалада автор Қазақстандағы әйелдердің отбасылық-туыстық қатынасы арқылы репродуктивті мінез-құлықта айырмашылықтарын талдайды.*

**Resume**

*In given article the author analyzes distinctions of reproductive behaviour of married women of Kazakhstan through a prism the kinship networks.*



Басуға 05.03.2012 ж. қол қойылды.  
Форматы 297\*420/2. Кітап-журнал қағазы.  
Көлемі шартты 5,32 б.т. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.  
Компьютерде беттеген М.А. Ескожинова  
Корректорлар: Б.Б. Әубәкірова, А.Р. Омарова, Б.В. Нургожина  
Тапсырыс № 1558

«КЕРЕКУ» баспасы  
С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті  
140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.  
67-36-69  
E-mail: [publish@psu.kz](mailto:publish@psu.kz)