

УДК 621.9

Носков В. В., Пермьяков А. А., Пациора А. П.

### НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОТБОРА ПРОБ НА БОЛЬШОЙ ГЛУБИНЕ В ДЕТАЛЯХ ТИПА ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

Рост требований к качеству продукции тяжёлого машиностроения требует постоянно совершенствования технологических процессов, разработки и освоения принципиально новых способов изготовления деталей изделия. Так на этапе проектирования ответственных деталей прокатного и энергетического оборудования заказчик предъявляет особые требования к механическим свойствам и качеству металла. В связи с этим в последнее время сильно возрос процент деталей с требованием по отбору проб на большой глубине. Применяемые нами ранее технологии отбора проб позволяли получать образцы на глубине не более 100 мм. Отсутствие на ЗАО «НКМЗ» технологических возможностей для исследования качества металла валов роторов по новым требованиям заказчика предопределяло отказ от выгодных контрактов по данной номенклатуре на нашем предприятии.

С целью подготовки производства к изготовлению валов роторов, турбин и пр. с повышенным уровнем требований заказчика к механическим свойствам возникла необходимость отбора проб в данных деталях на глубине 500 мм и выше.

Цель работы – исследование технологии отбора проб в деталях типа тел вращения на глубине 500 мм и выше.

С 2004 г. ЗАО «НКМЗ» успешно освоил и применяет технологию взятия пробы на глубине 500 мм. Данная проба представляет собой стержень диаметром 25 мм, образуемый трепанирующим сверлом с наружным диаметром 65 мм под последующую окончательную обработку сквозного отверстия диаметром  $\varnothing 70_{+0,5}$  мм.

Для осуществления технологического процесса отбора центрального стержня длиной до 500 мм была предложена последовательная схема отбора проб путём кольцевого сверления и отломки: первого образца длиной  $L_1 = 180$  мм с глубины сверления 240 мм; второго  $L_2 = 130$  мм с глубины 370 мм и последнего  $L_3 = 120$  мм с глубины сверления 500 мм.

Трепанирующих свёрл такой длины и требуемого диаметра отечественная и зарубежная промышленность не выпускает. Кроме того, предложенная схема извлечения пробы путём её поломки у основания требовала специальной оснастки. В результате проработки данной проблемы разработаны, изготовлены и испытаны новая конструкция трепанирующих свёрл трёх типоразмеров (рис. 1, а), в зависимости от размера и глубины взятия проб, а также оправки для излома стержня (рис. 1, б) трёх типоразмеров, соответствующие предварительно высверленному образцу.

Сверло старой конструкции имело прямые стружечные канавки для схода стружки, охлаждение режущей части сверла производилось свободным поливом СОЖ у начала кольцевого отверстия. При этом сходящая стружка в прямолинейной канавке не позволяла проникнуть СОЖ в зону резания, что приводило к её пакетированию и затиранию по наружному диаметру отверстия и как следствие к повреждению и значительному снижению стойкости режущих пластин. Кроме того, указанные недостатки значительно ограничивали возможности сверления на глубине выше 100 мм.

Отличительной особенностью свёрл новой конструкции является наличие четырёх режущих ножей, вместо трёх, что обеспечивает образование более мелкой стружки, которая отводится по винтовым канавкам и главное, имеет внутренний подвод СОЖ. Кроме того, корпус нового сверла был снабжён направляющими из износостойкого материала, что позволило уменьшить вибрации и повысить режимы сверления, а также обеспечило возможность работы на большей глубине.

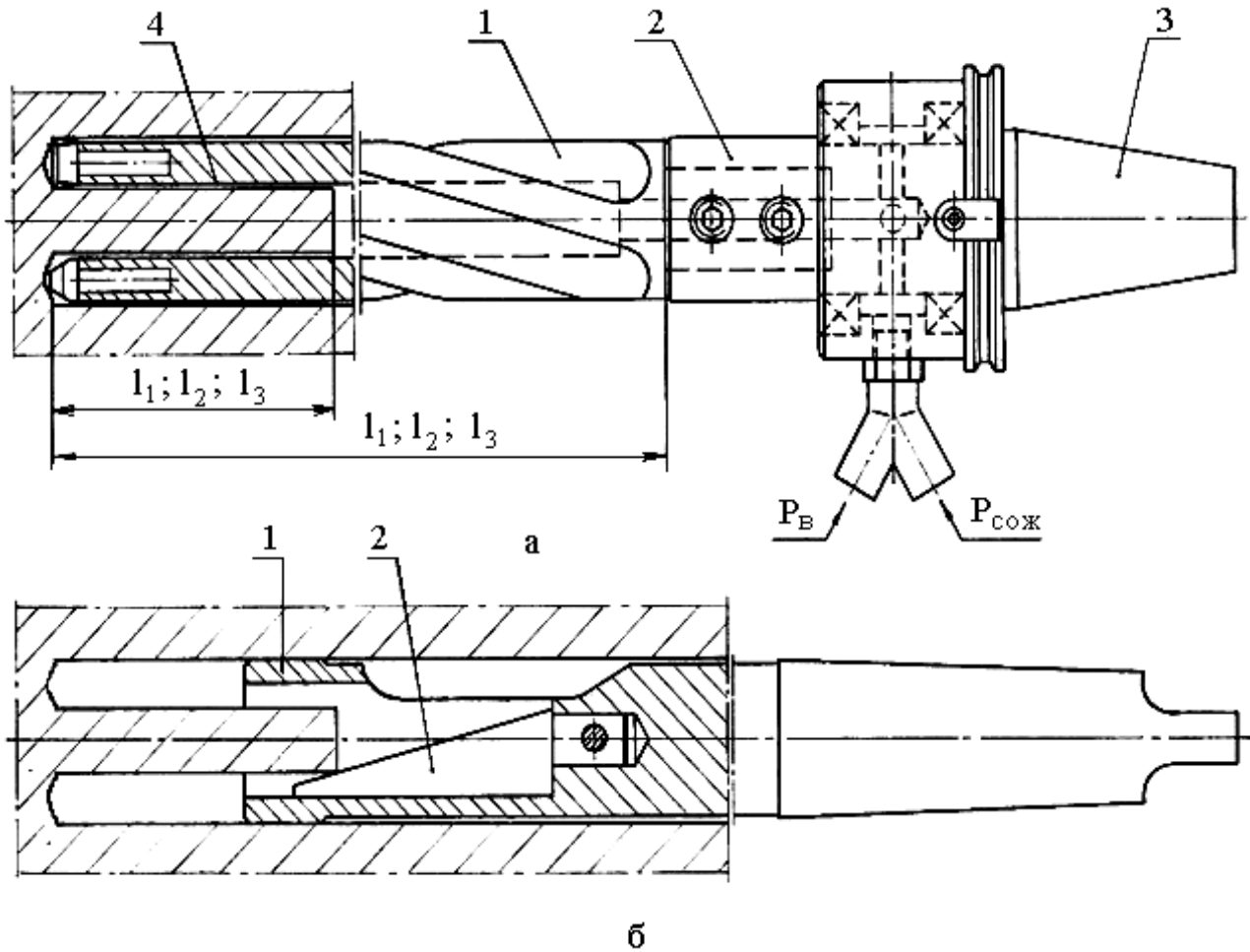


Рис. 1. Инструмент для отбора проб с глубины до 500 мм:  
 а – кольцевое сверление на глубину  $l$  длины образца; б – излом образца

Корпус сверла 1 закрепляется в водоприёмник 2 фирмы «Sandvik Coromant» установленный в корпус 3 (ISO 50) и далее в шпиндель расточного станка «Skoda». К водоприёмнику посредством соединительной арматуры подводится одновременно сжатый воздух и СОЖ, которые, смешиваясь в водоприёмнике под давлением, поступают в зазор 4 между корпусом сверла и образующимся в процессе резания стержнем. Винтовые стружечные канавки повышают жёсткость корпуса, а интенсивное охлаждение зоны резания и принудительное удаление стружки способствует повышению стойкости режущих пластин.

Работа трепанирующими свёрлами производится как резцами из быстрорежущей стали, так и твёрдого сплава ВК8.

Оправка для излома стержня состоит из корпуса 1 с хвостовиком Морзе № 6. В передней части корпуса имеется отверстие, в котором располагается клин 2. За счёт подъёма поверхности клина и совмещения вращения оправки и её подачи вперёд стержень отгибается всё больше по мере его продвижения вверх по образующей клина. Вращающее – качающее движение приводит к излому стержня у его корня. Взятие пробы осуществлялось на горизонтально-расточном станке Skoda W160 при частоте вращения шпинделя станка  $n = 100 - 200$  об/мин.

На рис. 2 представлена силовая схема излома стержня для заданного момента времени.

При вращении и осевой подаче оправки 1 образец 2 испытывает одновременное напряжение усталостной изгибной прочности от действия нагрузки  $F$  и касательные напряжения от момента силы трения  $F_{тр}$  в точке  $A$  соприкосновения с оправкой 1. Нормальные

напряжения изменяются по симметричному знакопеременному циклу нагружения и подчиняются синусоидальному закону, в то время как касательные изменяются по пульсационному (отнулевому) циклу. Осевой составляющей результирующей силы  $R$  пренебрегаем в виду больших значений предела прочности на сжатие по сравнению с пределами выносливости образца.

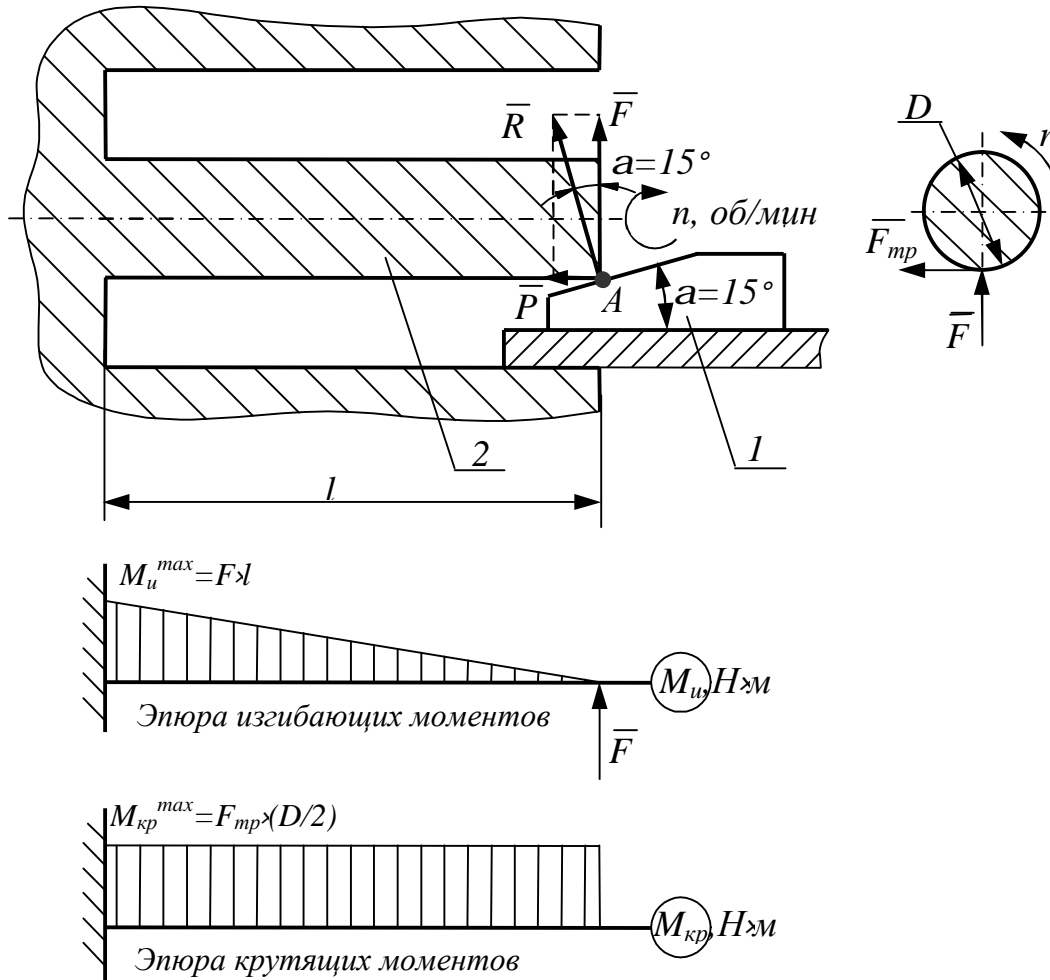


Рис. 2. Силовая схема излома стержня

На основе методики [1] нами получено условие излома стержня образца в опасном сечении:

$$\frac{s_{-1}^{экв} \cdot t_{-1}^{экв} \cdot D^3}{42 \cdot P \cdot \sqrt{(s_{-1}^{экв})^2 \cdot D^2 \cdot f^2 + 4(t_{-1}^{экв})^2 \cdot l^2}} < 1, \tag{1}$$

где  $s_{-1}^{экв}$  – предел выносливости по нормальным напряжениям при эквивалентном числе циклов нагружения ( $N = 10^3 - 10^4$ ), МПа;  $t_{-1}^{экв}$  – предел выносливости по касательным напряжениям при эквивалентном числе циклов нагружения ( $N = 10^3 - 10^4$ ), МПа;  $D$  – диаметр отламываемого образца, мм;  $P$  – усилие на шпинделе станка, Н;  $f$  – коэффициент трения в точке соприкосновения оправки и образца;  $l$  – длина отламываемого образца.

При этом угол конуса оправки для излома стержня принят  $15^\circ$ , исходя из опыта эксплуатации, для обеспечения наибольшей долговечности при сохранении необходимой для условия (1) величины осевой нагрузки  $P$ .

Излом образца осуществлялся при числе оборотов шпинделя станка  $n = 100\text{--}200$  об/мин, что при принятом машинном времени операции излома стержня 10 мин соответствует  $10^3\text{--}10^4$  числу циклов нагружения.

Полученная зависимость (1) позволяет осуществлять расчёт конструктивных параметров оправок для излома стержней образцов различных диаметров и длин. Соблюдение условия (1) достигается также путём изменения технологических факторов, таких как число оборотов шпинделя станка и заранее закладываемое время на излом образца, что определяет число циклов нагружения.

На рис. 3 представлено фото оправки для излома стержня и комплекта головок кольцевого сверления на глубину 240, 370 и 500 мм соответственно.



Рис. 3. Оправка для излома стержня и комплект кольцевых свёрл, применяемые при взятии проб на глубине 500 мм

Данное техническое решение проблемы отбора проб на глубине 500 мм расширило технические возможности механообрабатывающего оборудования, что позволило обеспечить заключение новых выгодных контрактов для ЗАО «НКМЗ» и получить дополнительную прибыль в размере свыше 2 млн грн.

В настоящее время проводятся работы по освоению технологии отбора проб других диаметров из осевой зоны на большой глубине с использованием глубокосверлильного оборудования. Разрабатываемый технологический процесс предполагает получение образца путём кольцевого сверления на требуемую глубину (рис. 4, а) с последующей отрезкой полученного стержня специальной головкой (рис. 4, б). Кольцевое сверло 2 на борштанге 3 работает в условиях наружного подвода СОЖ под давлением до 2 МПа и внутреннего отвода стружки. Подвод СОЖ осуществляется через маслоприёмник, прижимаемый к торцу детали. Такая схема сверления обеспечивает эффективное охлаждение и надёжный отвод стружки, что позволяет повысить как производительность, так и глубину взятия проб. Кроме того, в конструкции применены сменные режущие пластины с многослойным покрытием.

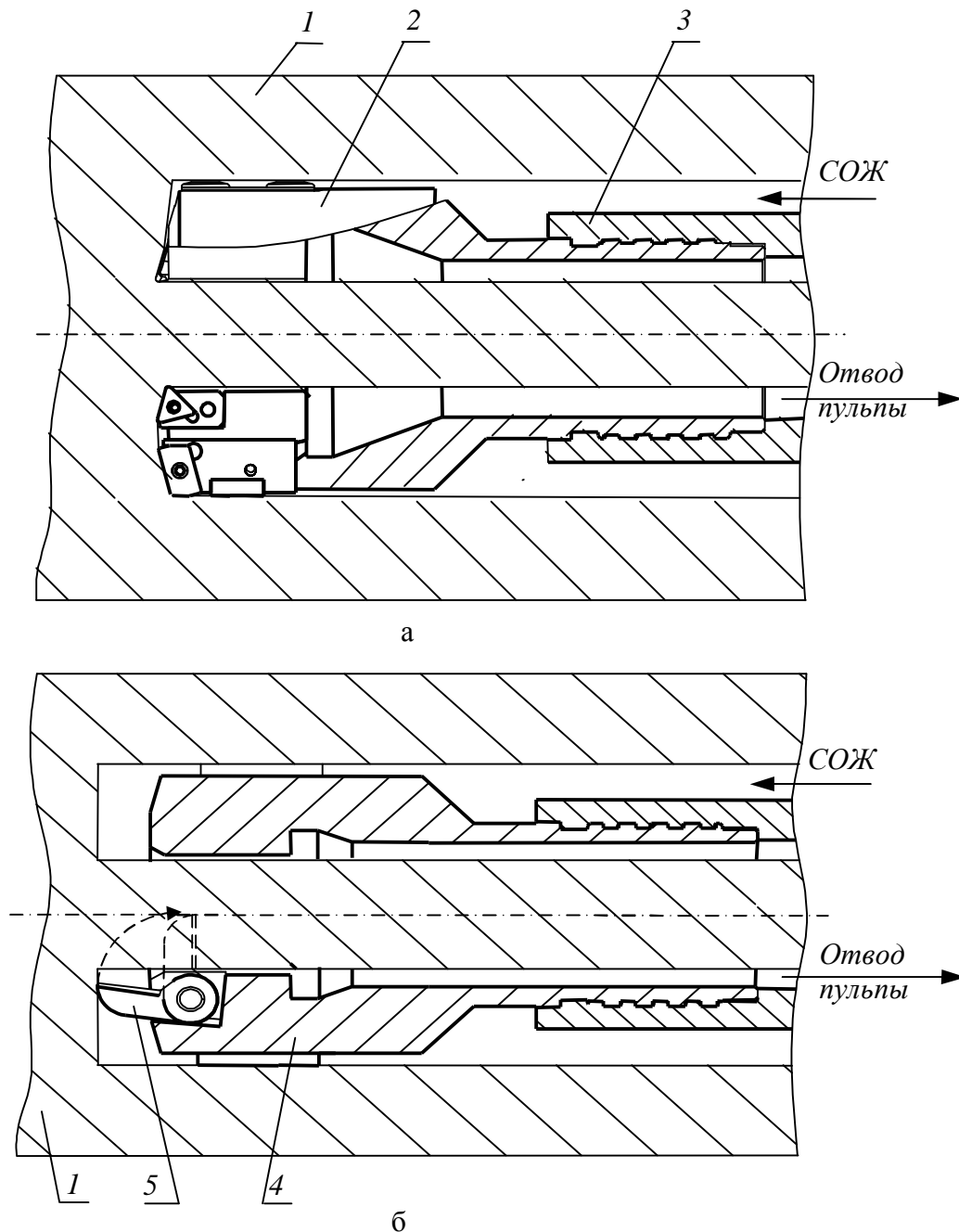


Рис. 4. Кольцевое сверление (а) с последующей отрезкой стержня пробы (б)

Достигаемые скорости резания 50–100 мм/мин, при подаче 0,15–0,3 мм/об, что в 3–4 раза превышает производительность сверления по старой технологии с применением горизонтально-расточных станков.

Отрезка стержня пробы (рис. 4, б) осуществляется ножом 5 отрезной головки 4 при той же схеме подвода СОЖ. Конструкция ножа 5 при упоре в торец отверстия детали 1 обеспечивает преобразование усилия осевой подачи станка в радиальную составляющую, необходимую для отрезки стержня. Процесс отрезки осуществляется при повороте режущей кромки ножа 5 в вертикальное положение.

На рис. 5 показана головка кольцевого сверления и отрезная головка, применяемая по приведенной технологии. Данный комплект инструмента обеспечивает получение стержня пробы  $\varnothing 50$  мм при наружном диаметре отверстия 120 мм.

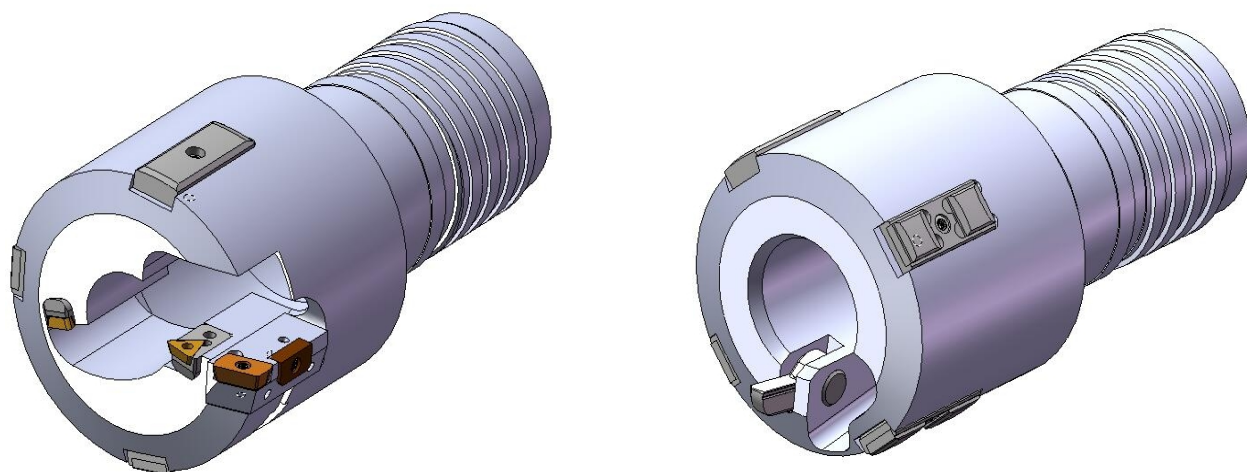


Рис. 5. Головка кольцевого сверления и отрезная головка для отбора пробы  $\varnothing$  50 мм на большой глубине

Использование данного инструмента на базе глубокосверильного оборудования ЗАО «НКМЗ» позволяет извлекать пробы в осевой зоне валов роторов и пр. ответственных деталей на глубине до 10 м, что значительно расширяет технологические возможности предприятия при изготовлении прокатного и металлургического оборудования. В настоящее время ведутся работы по оптимизации конструкции отрезной головки, режущей геометрии ножа и направляющей части. Особое внимание уделяется жёсткости образца в процессе его отрезки и минимизации сил резания, что влияет на долговечность инструмента, особенно при отборе проб с большой глубины.

## ВЫВОДЫ

Приведен анализ двух вариантов технологий отбора проб в ответственных деталях. Предложено условие излома образца на глубине до 500 мм. Представлена новая для ЗАО «НКМЗ» технология отбора проб на большой глубине. Приведены новые конструкции инструмента для отбора проб на глубине до 500 мм на горизонтально-расточных станках и свыше 500 мм на глубокосверильном оборудовании. Описана схема сверления и отрезки стержня пробы, применяемый инструмент и оснастка.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Циклические деформации и усталость металлов. В 2-х т. / В. Т. Троценко и др. ; под ред. В. Т. Троценко. – К. : Наук. думка, 1985.
2. Инструменты для обработки точных отверстий / С. В. Кирсанов, В. А. Гречишников и др. – 2-е изд., исп. и доп. – М. : Машиностроение, 2005. – 336 с.
3. Ченцов Н. А. Организация, управление и автоматизация ремонтной службы / Н. А. Ченцов ; под ред. д-ра техн. наук, проф. В. Я. Седуша. – Донецк : ДГТУ : Норд-Пресс – УНИТЕХ, 2007 – 258 с.
4. Шехватов Д. Управление основными фондами : как автоматизировать ремонты и техническое обслуживание [Электронный ресурс] / Д. Шехватов // Журнал СИО. – 2003. – № 2. – Режим доступа к журн. : [http://pda.cio-world.ru/index.php?action=article&section\\_id=26730&id=25003](http://pda.cio-world.ru/index.php?action=article&section_id=26730&id=25003).
5. Маркова М. В. Планирование эксперимента в условиях неоднородностей / М. В. Маркова, А. Н. Лисенков. – М. : Наука, 1973. – 219 с.
6. Гольдштейн М. И. Специальные стали / М. И. Гольдштейн, С. В. Грачев, Ю. Г. Векслер. – М. : МИСИС. 1999. – 408 с.