

УДК 621.9.026

Умеров Э. Д., Абдулгазис Д. У., Абдулгазис У. А.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ  
ПРИСАДКИ НАНОГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ  
СЛОИСТОЙ СТРУКТУРЫ К МАСЛЯНЫМ СОТС**

*Аннотация.* В статье изложена методика и приведены основные результаты экспериментальных исследований эффективности масляных СОТС с присадками наноглинистых минералов слоистой структуры на осевую силу и крутящий момент прикладываемых к сверлу при обработке инструментальных сталей марок 45 и ХВГ. Применение наноглинистых минералов как присадки к масляным СОТС позволит улучшить экологическую безопасность СОТС и позволит перейти на использование техники минимальной смазки.

*Ключевые слова:* наноглинистые присадки, масляные СОТС, резание металлов, эндотермический эффект.

Умеров Е. Д., Абдулгазис Д. У., Абдулгазис У. А.

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ПРИСАДКИ  
НАНОГЛІНІСТИХ МІНЕРАЛІВ ШАРУВАТОЇ СТРУКТУРИ ДО МАСЛЯНИХ МОТС**

*Анотація.* У статті викладена методика і наведені основні результати експериментальних досліджень ефективності масляних МОТС з присадками наногліністих мінералів шаруватої структури на осьову силу і крутний момент, які докладаються до свердла при обробці інструментальних сталей марок 45 і ХВГ. Застосування наногліністих мінералів як присадки до масляних МОТС дозволить поліпшити екологічну безпеку МОТС і дозволить перейти на використання техніки мінімального змащування.

*Ключові слова:* наногліністі присадки, масляні МОТС, різання металів, ендотермічний ефект.

Umerov E. D., Abdulgazis D. U., Abdulgazis U. A.

**EXPERIMENTAL EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF NANOCLAY  
LAYERED STRUCTURE MINERAL SETTING TO THE LUBRICANT-COOLING AGENT**

*Summary.* The article sets out the methodology and presents the main results of experimental studies of the effectiveness of the oil coolants and nanoclay layered structure mineral additives on the axial force and

*torque applied to the drill bit in the processing tool of 45 and chromium tungsten manganese steel. Application of nanoclay minerals as an additive to lubricant-cooling agent will improve environmental safety of lubricant-cooling agent and allow switch to minimal lubrication technology.*

*These cutting fluids have good lubricating and cooling properties and exhibit an endothermic effect, in analogy with crystal hydrates. Recent high temperatures loose their structure and become pasty and can adhere to the tool and equipment.*

*To prevent this phenomenon as the endothermic additives for oil metalworking fluids nanoclay minerals that can manifest the same effect, and thus may even improve their tribotechnical properties are proposed.*

**Key words:** *nanoclay additives, oil coolants, cutting metals, endothermic effect.*

**Постановка проблемы.** Улучшение процесса обработки металлов резанием тесно связано с разработкой новых эффективных СОТС. Совершенствование СОТС осуществляется посредством введения в них различных по физическому и химическому составу присадок. Традиционно снижение температуры резания металлов под действием СОТС осуществляется в основном за счет активации теплоотвода. При этом охлаждающую способность современных СОТС принято оценивать по их теплофизическим и физическим параметрам: коэффициенту теплопроводности и удельной теплоемкости.

**Анализ литературы.** Существующие водоземulsionные СОТС за счет относительно низкой стоимости подаются в большем объеме и тем самым выигрывают в охлаждающей способности, но смазывающая способность их относительно низка. Современные СОТС, применяемые при механической обработке металлов, представляют собой многокомпонентные среды [1–3] на основе минеральных масел, которые направлены на улучшение процесса резания. Они обладают хорошими смазочными свойствами, но имеют низкую охлаждающую способность, высокую стоимость и испаряемость [1]. В работе [4] впервые была разработана масляная СОТС с эндотермической присадкой, представляющей собой различные кристаллогидраты (соли). Это был первый шаг дополнения к классическому теплоотводу. Но кристаллогидраты как эндотермическая присадка к масляным СОТС при высоких температурах проявляют существенный недостаток: теряя свою структуру, они налипают на режущий инструмент и оборудование, что усложняет их использование. Поэтому проблема создания масляных СОТС, обладающих эндотермическим эффектом без отрицательных проявлений остается актуальной.

Нами были продолжены эксперименты на масляных СОТС различного происхождения (растительного, минерального) с использованием в качестве присадок к ним наноглинистых минералов слоистой структуры [5; 6].

**Цель данной работы** – экспериментально показать возможность использования масляной СОТС с присадкой к ним наноглинистых мине-

ралов слоистой структуры при сверлении конструкционных сталей для снижения осевой силы и крутящего момента.

**Изложение основного материала.** Во избежание налипания кристаллогидратов, деструктурирующихся при высоких температурах, на инструмент и оборудование были предложены наноглинистые минеральные присадки (НГМП), которые могут проявить тот же эндотермический эффект, как и кристаллогидраты, и при этом улучшается триботехническая обстановка в зоне резания.

Применение наноглинистых минералов – бентонитов – известно и в других областях техники, например при бурении твердых и высокопрочных грунтов и пород, но там он применяется только как смазка. Нами же предлагается наноглинистые минералы использовать как присадку к масляным СОТС, предпочтительно к растительным маслам, что позволяет одновременно улучшить экологическую безопасность СОТС, существенно повысить ее теплоотводящую способность за счет эндотермического эффекта и перейти на применение техники минимальной смазки (так называемой ТМС), что также сказывается на экологичности предлагаемой СОТС.

Для того чтобы убедиться, что наноглинистые минералы слоистой структуры могут проявить эндотермический эффект, предварительно были проведены дериватографические исследования, которые подтвердили, что их температурный диапазон совместим с температурным диапазоном в зоне резания (например, при сверлении).

Проявляя эндотермический эффект в зоне резания, наноминералы выделяют воду, которая, попадая между слоистыми структурами, образует между ними водяную пленку, хорошо удерживаемую самими минералами и обеспечивает снижение сил трения между слоистыми структурами.

Натуральные эксперименты проведены на конструкционных материалах марок сталь 45 и ХВГ при операциях сверления на радиально-сверлильном станке модели ГС545, оснащенном для подачи экспериментальной СОТС устройством, обеспечивающим технику минимальной смазки фирмы NOGA (Израиль).

Для сравнения эффективности различных составов СОТС при сверлении заготовок из вышеуказанных материалов были использованы следующие варианты: подсолнечное масло, минеральное масло И-20А, заводское СОТС Shell, композиция на основе подсолнечного масла с НГМП.

Для регистрации осевой силы и крутящего момента в процессе сверления был использован

трехкомпонентный универсальный динамометр УДМ-600, работа которого основана на тензометрических датчиках. Генерируемый сигнал от УДМ-600 поступал на аналого-цифровой преобразователь (АЦП), который обрабатывался с помощью персонального компьютера (ПК).

На рис. 1 показан общий вид экспериментальной установки.

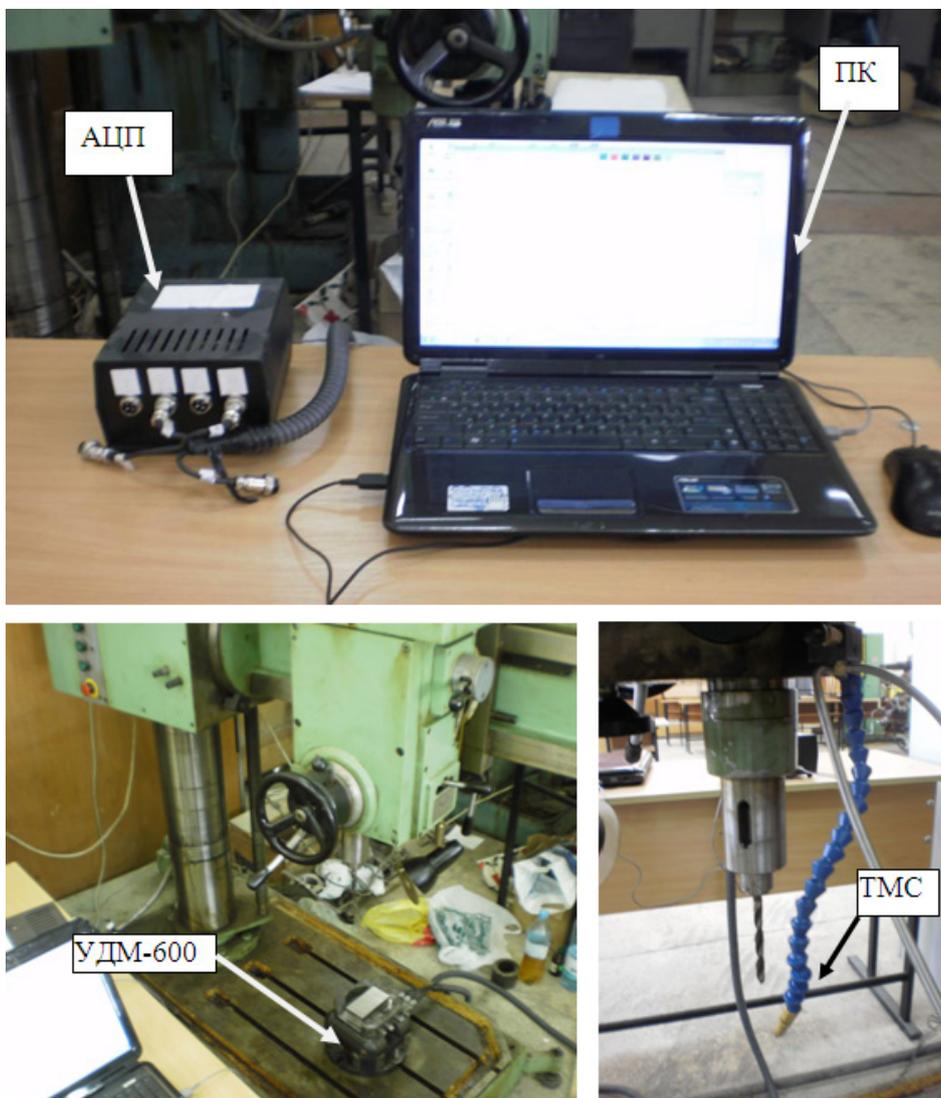


Рис. 1. Общий вид экспериментальной установки.

В качестве заготовки использовались бруски из углеродистой стали 45 и ХВГ. Выбор этих материалов обусловлен большим спектром применения их в машиностроении для изготовления ответственных деталей.

Заготовка крепилась непосредственно на динамометре УДМ-600.

Сверление отверстий проводилось вдоль заготовки, что позволяло фиксировать осевую силу  $P_0$  и крутящий момент  $M_{кр}$ .

В качестве режущего инструмента были выбраны спиральные сверла из быстрорежущей стали Р6М5, диаметром 10,0 мм, с углом заточки  $2\phi = 118^\circ$ . Режимы резания при сверлении: при

использовании заготовки из стали 45 частота вращения  $n = 500$  об/мин, подача  $s = 0,18$  мм/об; при использовании стали ХВГ частота вращения  $n = 355$  об/мин, а подача  $s = 0,1$  мм/об.

ПК был оснащен программным обеспечением на базе Windows, который принимал сигнал от усилителя и блока передачи данных. Затем с помощью программного обеспечения аналоговый сигнал, поступающий от УДМ-600, преобразовывался в цифровой и выводился в графическом виде на экран монитора ПК. Полученные данные на экране монитора сохранялись в ПК в виде графиков и числовых значений, что необходимо для дальнейших анализов.

Перед проведением экспериментов была осуществлена настройка аппаратной части устройства и программного обеспечения ПК с блоком передачи данных с помощью USB-разъема.

Для обеспечения чистоты эксперимента просверливались по три отверстия по каждому варианту подаваемой СОТС: «всухую», с подачей подсолнечного масла, заводского СОТС Shell, масла И-20А и экспериментальной СОТС с НГМП. Полученные значения силовых парамет-

ров в каждом варианте усреднялись, и сверло для следующего варианта подаваемой СОТС заменялось на новое.

На рис. 2 представлены экспериментальные данные изменения осевой силы  $P_0$  и крутящего момента  $M_{кр}$  во время сверления заготовки из стали 45 при различных подаваемых СОТС.

Полученные значения осевой силы и крутящего момента при сверлении стали марки ХВГ представлены на рис. 3.

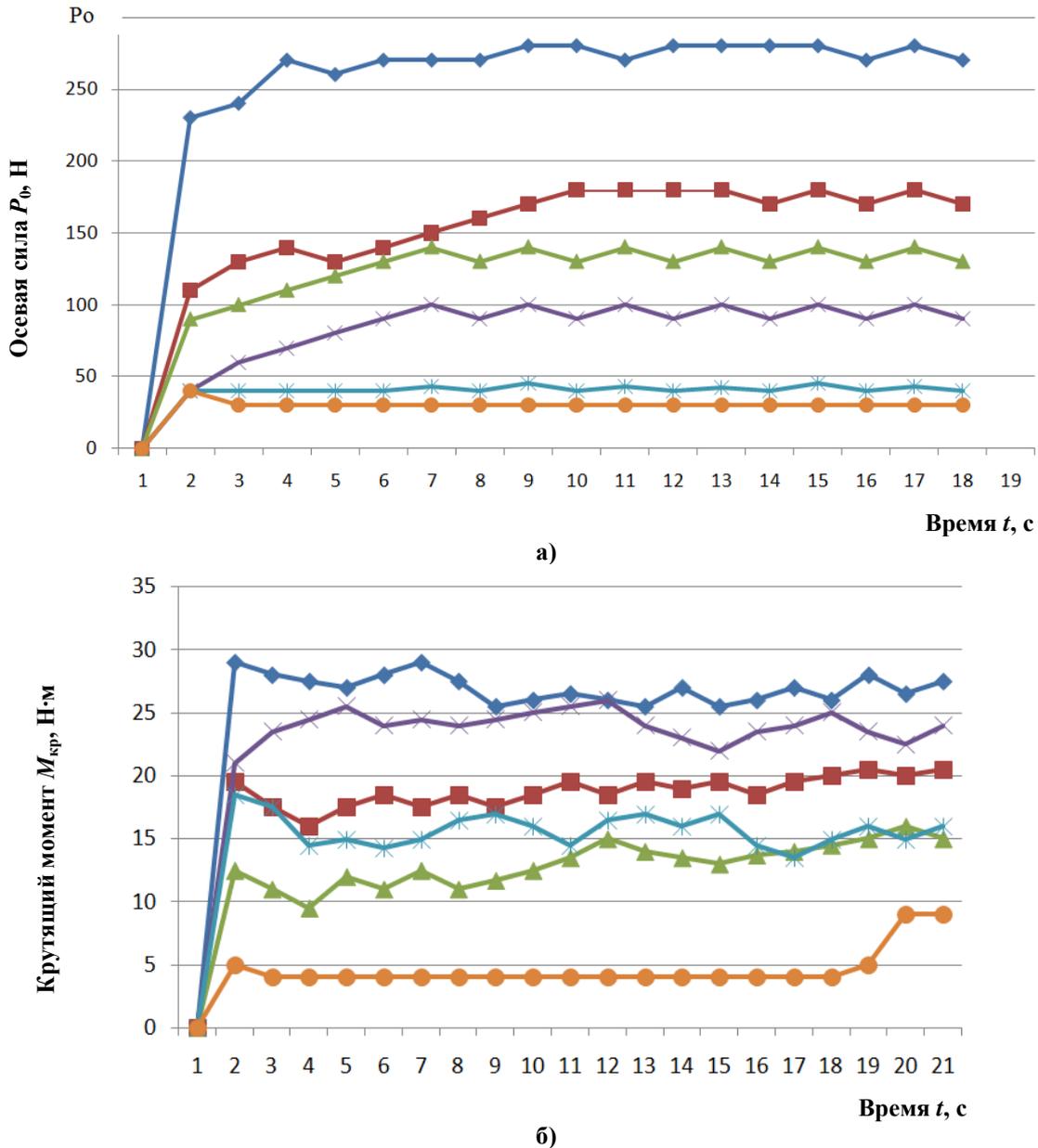


Рис. 2. Экспериментальные данные при обработке стали 45 ( $d = 10,0$  мм,  $n = 500$  об/мин,  $s = 0,18$  мм/об): а) осевой силы  $P_0$ ; б) крутящего момента  $M_{кр}$ :

- ◆— сухое резание;
- при подаче в качестве СОТС подсолнечного масла;
- ▲— при подаче СОТС Shell (Garia 404 M10);
- ×— при подаче в качестве СОТС индустриального масла И-20А;
- \*— при подаче экспериментальной СОТС с НГМП с использованием ТМС;
- при подаче экспериментальной СОТС с НГМП свободным поливом.

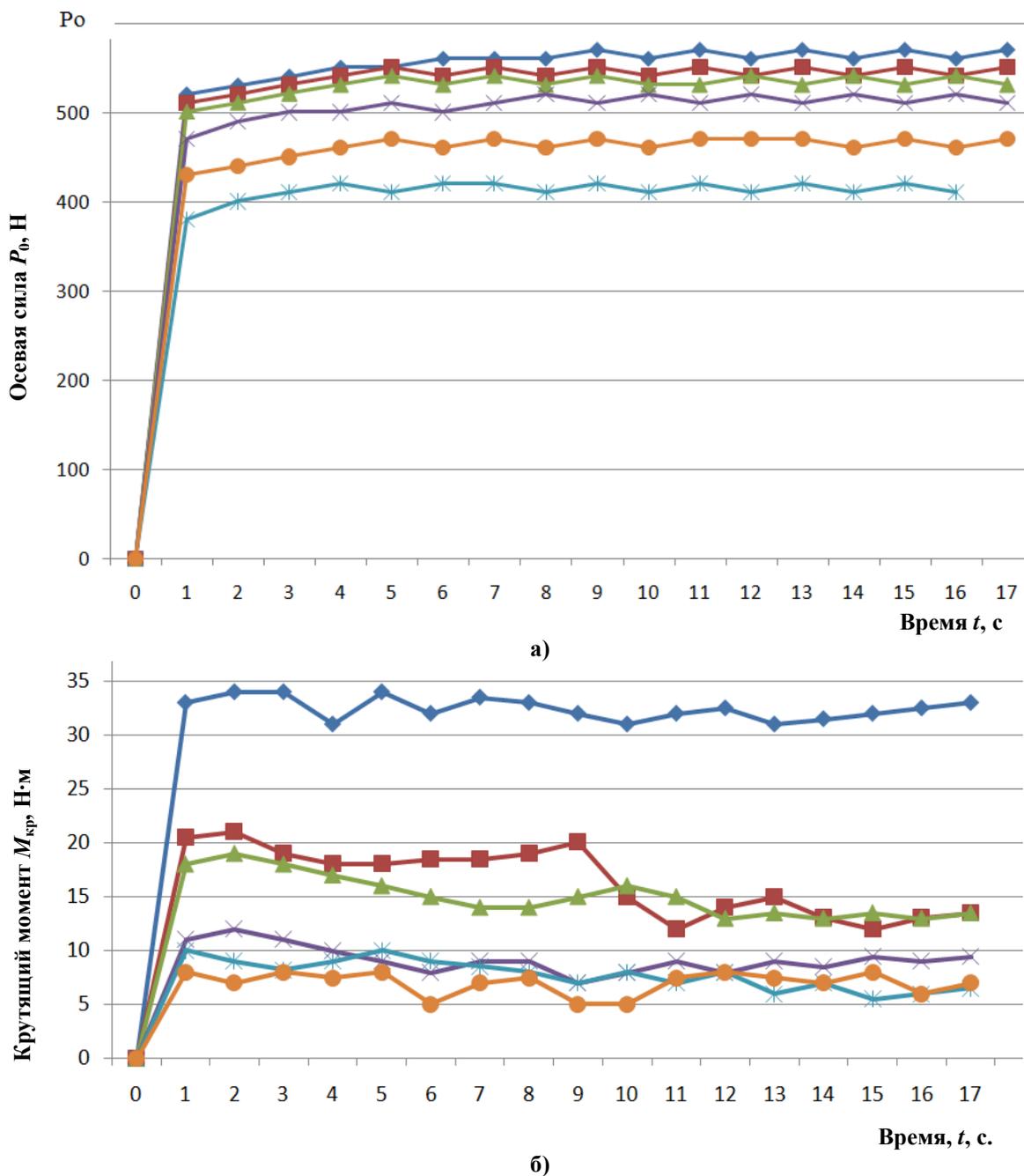


Рис. 3. Экспериментальные данные при обработке стали ХВГ ( $d = 10,0$  мм,  $n = 355$  об/мин,  $s = 0,10$  мм/об): а) осевой силы  $P_0$ ; б) крутящего момента  $M_{кр}$ :

- ◆— сухое резание;
- при подаче в качестве СОТС подсолнечного масла;
- ▲— при подаче СОТС Shell (Garia 404 M10);
- ×— при подаче в качестве СОТС индустриального масла И-20А;
- \*— при подаче экспериментальной СОТС с НГМП с использованием ТМС;
- при подаче экспериментальной СОТС с НГМП свободным поливом.

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что максимальные значения осевой силы  $P_0$  зарегистрированы, как и следовало ожидать, при обработке «всухую», без СОТС. Применение в качестве СОТС подсолнечного масла значения осевой силы  $P_0$  для стали 45 снизило на 58%, а для стали марки ХВГ – на 5%.

При сверлении с подачей СОТС Shell (Garia 404 M10) значения осевой силы  $P_0$  для стали 45 снизились на 30%, а для стали марки ХВГ – на 6%. При подаче в качестве СОТС индустриального масла И-20А для стали 45 снижение значений осевой силы  $P_0$  составило 70%, а для стали марки ХВГ – 8%.

При подаче масляно-бентонитовой композиции при обработке стали 45 и стали марки ХВГ не только снизились значения осевой силы  $P_0$  в 4,2 раза и 1,4 раза, соответственно, но и изменился характер процесса. На начальной стадии процесса сверления сила резания  $P_0$  была минимальной. При увеличении времени обработки наблюдалось закономерное увеличение  $P_0$ , которое стабилизировалось до завершения процесса сверления. Аналогичное явление наблюдалось и при подаче экспериментальной СОТС свободным поливом.

Полученные экспериментальные значения крутящих моментов дают возможность сделать следующие заключения: значение  $M_{кр}$  при обработке «всухую» стали 45 достигает 29 Н·м и стали марки ХВГ – 33 Н·м.

При сверлении стали 45 и ХВГ с применением подсолнечного масла наблюдается снижение  $M_{кр}$  до 20...21 Н·м. При сверлении стали марок 45 и ХВГ с подачей СОТС Shell (Garia 404 M10) значения крутящего момента  $M_{кр}$  снизились до 15...16 Н·м.

При подаче в качестве СОТС промышленного масла И-20А для стали 45 значение крутящего момента  $M_{кр}$  возросло, приближаясь к сухому резанию, и составило 25 Н·м, в случае же сверления стали марки ХВГ значение крутящего момента  $M_{кр}$  снизились до 10 Н·м.

Сверление с подачей СОТС в виде масляно-бентонитовой композиции при обработке стали 45 и стали марки ХВГ значения крутящего момента  $M_{кр}$  также снизились, как и в случае с осевой силой  $P_0$ , и изменился характер процесса обработки.

По нашему мнению, это связано с тем, что присадка НГМП дополнительно улучшает трибологические свойства масляной основы СОТС, повышает стойкость режущего инструмента и улучшает процесс резания.

**Вывод.** Результаты проведенных экспериментов показали, что применение НГМП к масляным СОТС в процессе сверления сталей марок 45 и ХВГ снижает осевую силу  $P_0$  и крутящий момент  $M_{кр}$ , что обуславливает повышение стойкости быстрорежущего инструмента и качество обработанной поверхности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием : справочник / под ред. С. Г. Энтелеса, Э. М. Берлинера. – [2-е изд.]. – М. : Машиностроение, 1998. – 496 с.
2. Ошер Р. Н. Производство и применение смазочно-охлаждающих жидкостей (для обработки металлов резанием) / Р. Н. Ошер ; [под ред. акад. П. А. Ребиндера]. – М. : Гостоптехиздат, 1963. – 226 с.
3. Смазочно-охлаждающие жидкости и их применение при производстве режущего инструмента. Методические рекомендации. – М. : ВКНИИ инструмент, 1986. – 73 с.
4. Абдулгасис Д. У. Підвищення ефективності процесу свердління за рахунок використання масляних МОТЗ з ендотермічними властивостями : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.03.01 «Процеси механічної обробки, верстати та інструменти» / Д. У. Абдулгасис. – Севастополь, 2012. – 20 с.
5. Экспериментальные исследования эффективности масляной СОТС с присадкой наноглинистых минералов слоистой структуры / [Д. У. Абдулгасис, Э. Д. Умеров, Э. Э. Ягьяев, С. Р. Меметов, У. А. Абдулгасис] // Резание и инструмент в технологических системах : междунар. научно-технич. сборник. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2013. – Вып. 83. – С. 3–9.
6. Повышение эффективности масляных СОТС при сверлении титановых сплавов применением наноглинистых минеральных присадок / [Д. У. Абдулгасис, Э. Д. Умеров, Э. Э. Ягьяев, С. Р. Меметов, У. А. Абдулгасис] // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Выпуск 40. Технические науки. – Симферополь : НИЦ КИПУ, 2013. – С. 49–54.