

№1. 4. Кукоба А. Т. Насос із гідравлічним приводом для подачі трубопроводами будівельних розчинів / А. Т. Кукоба // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) / Полт. держ. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка / Редкол.: О.Г.Онищенко (відп. ред.) та ін. – Полтава: ПДТУ, 1999. – Вип. 4. – С. 10–16.

Надійшла до редколегії 22.01.2014

УДК 693.6.002.5

Малогабаритні розчинозмішувальні установки/ Попов С. В., Васильєв А. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.25-29 . – Бібліогр.: 4 назв. ISSN 2079-5459

Рассмотрены конструктивные особенности новых растворосмесительных установок для приготовления строительных растворов смесей непосредственно на строительных площадках из сухих компонентов (цемент, песок) и воды. Это существенно удешевляет как стоимость смеси, так и выполняемых работ.

Ключевые слова: растворосмесительная установка, шнековый рабочий орган, гидравлический привод, механический привод

Small sized mortar-mixers/ S. V. Popov, A. V. Vasilyev//Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.25-29. Bibliogr.: 4. ISSN 2079-5459

Considered design features of the new mortar-mixers for the preparation of building solutions directly on the construction sites by dry components (cement, sand) and water. This significantly reduces the cost as the cost of building solution, and the executed works.

Keywords: mortar-mixer, mixer screw, hydraulic drive, mechanical drive

УДК 621.923.01

А. В. ВАСИЛЬЄВ, канд. техн. наук, доц., Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка;

С. В. ПОПОВ, канд. техн. наук, доц., Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка;

О. С. КОСТЕНКО, студент, Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СТРІЧКОВОГО ШЛІФУВАННЯ

Представлені результати теоретичних й експериментальних досліджень процесу стрічкового шліфування циліндричних деталей. Авторами отримана математична модель залежності параметра шорсткості поверхні від таких змінних факторів як зернистість стрічки, зусилля притискання стрічки й лінійна швидкість на зовнішньому діаметрі заготовки.

Ключові слова: стрічкове шліфування, шорсткість поверхні, математичне моделювання.

Постановка проблеми. Шліфування з використанням інструмента на еластичній основі є відносно новим, але досить перспективним видом абразивної обробки. Обладнання для стрічкового шліфування просте за конструкцією й економічне в експлуатації. На відміну від традиційних шліфувальних верстатів воно не вимагає спеціальних пристосувань для захисту від можливого розриву кола, складних і дорогих пристосувань для балансування й виправлення інструмента, легко вбудовується практично в будь-який технологічний процес. Ці обставини роблять незаперечними переваги абразивних стрічок у порівнянні з абразивними колами в умовах енергетичного й авіаційного машинобудування при обробці складнопрофільних поверхонь із більшою кількістю галтелей і переходів таких, як лопатки парових і газових турбін, лопаті гвинтів і вентиляторів.

Аналіз останніх досліджень і виділення не розв’язаних раніше частин загальної проблеми. Технологія шліфування абразивними стрічками докорінно відрізняється від

© А. В. ВАСИЛЬЄВ, С. В. ПОПОВ, О. С. КОСТЕНКО, 2014

шліфування абразивними колами або брусками [1, 2]. Основними відмінностями є кінематичні й динамічні особливості стрічково-шліфувальних верстатів і модулів, використання одношарового абразивного інструмента на еластичній основі з упорядкованим розташуванням зерен на ріжучій поверхні, можливість керування вихідними параметрами процесу за рахунок використання в складі технологічної системи опорних елементів з різними характеристиками і т.д. [3-5]. Таким чином, використання відомих теорій шліфування абразивними колами, щодо процесу стрічкового шліфування практично не можливе. Широке розповсюдження стрічкового шліфування стримується відсутністю теорії визначення раціональних галузей його використання, практичних рекомендацій і методик, необхідних для одержання необхідної точності і якості оброблених поверхонь при найменших витратах. У зв'язку із цим, найважливішою проблемою є розробка теоретичних і технологічних основ високопродуктивного шліфування абразивними стрічками [5, 6].

Таким чином, розробка теорії й методів підвищення ефективності процесу шліфування абразивними стрічками з урахуванням одержання необхідної якості виробу являє собою актуальну проблему, що має велике значення для економіки України.

Формулювання цілей статті. У зв'язку з вищевикладеним, метою роботи є підвищення ефективності шліфування абразивними стрічками шляхом керування параметрами контактної взаємодії інструмента із заготовкою. При вирішенні поставлених завдань проводилися теоретичні й експериментальні дослідження, оцінювалася точність і достовірність одержуваних результатів. Об'єктом дослідження є обладнання для виконання стрічкового шліфування, а також технологічний процес взаємодії нескінченної абразивної стрічки з оброблюваною заготовкою. Предметом дослідження є фізика явищ, які виникають при взаємодії абразивної стрічки з заготовкою, а також вплив параметрів і режимів роботи обладнання на показник шорсткості оброблюваної поверхні.

Математична модель стрічкового шліфування. При стрічковому шліфуванні з постійним зусиллям притиску ($P_y = \text{const}$) основними факторами, що впливають на шорсткість поверхні, є: зернистість абразивної стрічки d_3 , зусилля притискання стрічки F_S і лінійна швидкість на зовнішньому діаметрі заготовки v_{II} [1]. Важливим фактором при цьому є наявність номограм для вибору приведених параметрів режиму стрічкового шліфування, щоб їх вибір у сукупності забезпечував заданий рівень шорсткості поверхні при обробці. Побудова таких номограм можлива при наявності математичної залежності (моделі) шорсткості поверхні від наведених факторів, поверхню відгуку якої можна представити як геометричне місце точок значень параметрів режиму, що відповідають одному конкретно заданому параметру Ra шорсткості поверхні [2].

Вплив параметрів режиму на шорсткість поверхні дослідники процесів різання представляють, як правило, у вигляді степеневих залежностей [3], заснованих на проведенні експериментів за методикою одно- або багатофакторного експерименту.

Кращим є багатофакторне планування експерименту [4], що дозволяє при проведенні малого числа дослідів у граничних точках області експериментування одержувати у вигляді математичних моделей вичерпний опис досліджуваного процесу.

Слід очікувати з дослідів раніше виконаних досліджень [2], що при вивченні стрічкового шліфування залежність параметра шорсткості поверхні Ra від досліджуваних факторів: зернистості абразивної стрічки d_3 , зусилля притискання стрічки F_S і швидкості заготовки v_{II} буде мати вигляд:

$$Ra = C_R \cdot d_3^{\alpha_1} \cdot F_S^{\alpha_2} \cdot v_{II}^{\alpha_3}, \quad (1)$$

де d_3 , F_S , v_{II} – змінні фактори, відповідно, зернистість стрічки, зусилля притискання стрічки й швидкість виробу; C_R – коефіцієнт, що враховує сумарний вплив неврахованих у рівнянні (1) факторів; α_1 , α_2 , α_3 – показники ступеня при змінних факторах.

Завданням експерименту є визначення величини коефіцієнта C_R і показників ступені $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ при змінних факторах d_3, F_S, v_H .

Для цього рівняння (1) шляхом логарифмування слід привести в більш простий вид рівняння лінійної регресії, яке для 3-факторного експерименту має вигляд [4]:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3, \quad (2)$$

де $y = \lg Ra$ – логарифмічний вираз параметра шорсткості Ra (відгук моделі); x_1, x_2, x_3 – змінні фактори в закодованому вигляді, відповідні до параметрів d_3, F_S і v_H відповідно; b_0, b_1, b_2, b_3 – коефіцієнти регресії при змінних факторах, що є їх оцінками, значимості; $b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$ – коефіцієнти регресії, що враховують значимість взаємного впливу змінних факторів на досліджуваний процес.

Кодування змінних факторів x_1, x_2, x_3 у рівнянні регресії (2) здійснюється по наступних залежностях:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= \frac{2(\lg d_3 - \lg d_{3\max})}{\lg d_{3\max} - \lg d_{3\min}} + 1; \\ x_2 &= \frac{2(\lg F_S - \lg F_{S\max})}{\lg F_{S\max} - \lg F_{S\min}} + 1; \\ x_3 &= \frac{2(\lg v_H - \lg v_{H\max})}{\lg v_{H\max} - \lg v_{H\min}} + 1; \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

де $d_{3\max}, F_{S\max}, v_{H\max}$ відповідають максимальним їхнім значенням, а $d_{3\min}, F_{S\min}, v_{H\min}$ – мінімальним значенням змінних факторів при проведенні дослідів у граничних точках області експериментування.

Після визначення коефіцієнтів регресії b_0, b_1, b_2, b_3 у рівнянні (2) здійснюємо оцінку їх значимості з виключенням з розгляду незначущих коефіцієнтів. Далі здійснюємо перетворення (декодування) по залежностях (3) змінних факторів x_1, x_2, x_3 з натурним їхнім вираженням як d_3, F_S і v_H відповідно. Перетворене рівняння регресії (2), у якому значення відгуку y представляє логарифмічне вираження параметра Ra , почленно потенціюємо і в результаті одержуємо шукану степеневу залежність параметра шорсткості Ra від досліджуваних факторів у вигляді виразу (1).

Стрічкове шліфування зразків з нержавіючої сталі 40Х13 проводилося на токарно-гвинторізному верстаті мод. 16К20, оснащеному додатковим модулем для стрічкового шліфування. Схема лабораторної установки показана на рис. 1.

Шліфувальний модуль складається з рами, на якій установлені два ролики: ведучий 3 і натяжний 4. На роликах розміщується абразивна стрічка. Заготовка 1, що шліфується, закріплюється в кулачковому патроні верстата. Зусилля притискання стрічки F_S визначається шляхом вимірювання за допомогою динамометра сили F з відомого співвідношення плечей сил h_F/h_{F_S} . За методикою проведення експерименту [4] перенесемо

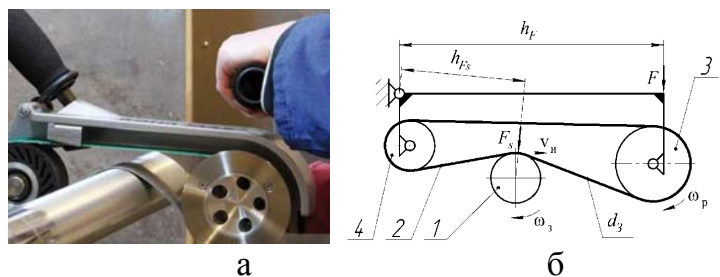


Рис. 1 – Дослідна установка: а – загальний вигляд; б – конструктивна схема: 1 – оброблювана заготовка; 2 – абразивна стрічка; 3 – ведучий ролик; 4 – натяжний ролик

початок координату центр куба (рис. 2, т. O) і привласнимо новим осям позначення x_1, x_2, x_3 , відповідні до напрямків векторів d_3, F_S і v_H відповідно. Точка « O » нових координат повинна відповідати основному «нуль»-рівню. Тоді максимальні значення змінних фак-

торів d_3 , F_S і v_{II} , закодовані як x_1 , x_2 , x_3 будуть у новій системі приймати позначення як «+1» або просто «+», а мінімальні значення – як «-1» або просто «-». На рис. 3 показана також умовно очікувана поверхня відгуку математичної моделі.

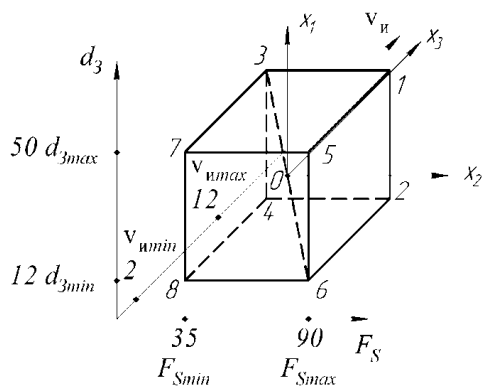


Рис. 2 – Графічна інтерпретація факторного простору

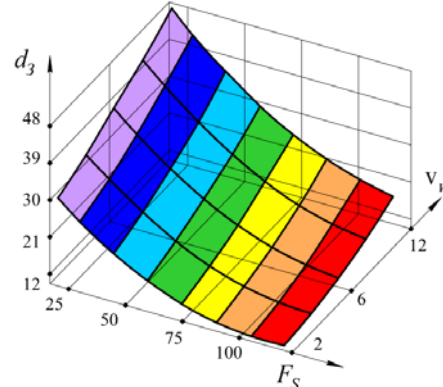


Рис. 3 – Очікувана поверхня відгуку математичної моделі

У табл.1 наведені числові значення рівнів варіювання й коди змінних факторів.

Математична модель залежності шорсткості поверхні від параметрів режиму у вигляді степеневій залежності уможливорює керування параметрами шорсткості поверхні при стрічковому шліфуванні в практичних умовах. Так, поверхню відгуку моделі можна представити як геометричне місце точок, що відповідають тільки одному, конкретно заданому рівню параметра шорсткості Ra, тобто

$$Ra = 4,52 \cdot 10^{-4} d_3^{0,90(0,81 - 0,8076 \lg F_S)} F_S^{0,16} v_{II}^{1,01} = \text{const.} \quad (4)$$

Таблиця 1 – Рівні варіювання й схема кодів позначень змінних факторів

Рівень варіювання	Зернистість стрічки		Зусилля притискання		Швидкість виробу	
	$d_3 \cdot 10^{-2}$, мм	x_1	F_S , Н	x_2	v_{II} , м/хв	x_3
Основний	30	0	60	0	10	0
Верхній	40	+ 1	120	+ 1	15	+ 1
Нижній	10	- 1	20	- 1	5	- 1

При цьому у всьому факторному просторі для двох довільно обраних значень варіюваних факторів знайдеться єдине значення третього, при яким результат їх взаємодії буде перебувати на поверхні відгуку. У цьому випадку поверхня відгуку моделі можна використовувати в практичних цілях як номограма для визначення раціональних режимів стрічкового шліфування по гарантованому забезпеченню заданої шорсткості поверхні. На рис. 4 наведені номограми режимів стрічкового шліфування, розраховані по залежності (4) для гарантованого забезпечення шорсткості поверхні $Ra \leq 2,5$ мкм (рис. 4, а), $Ra \leq 1,25$ мкм (рис. 4, б) і $Ra \leq 0,63$ мкм (рис. 4, в) при шліфуванні сталі 40X13.

Суть побудови номограм (поверхонь відгуку) зводиться до наступного. З розглянутих параметрів суворо фіксованими факторами є параметри шорсткості Ra і зернистість стрічки d_3 , значення яких регламентовані ГОСТ 2789-73 і ГОСТ 3647-80, відповідно. Швидкість на зовнішньому діаметрі заготовки v_{II} також є не вільним фактором і залежить від технічних можливостей і прийнятої системи регулювання швидкостей у верстаті, тобто її значення також можна задавати дискретними величинами.

Таким чином, вільним фактором є зусилля притискання стрічки F_S , розрахункове значення якого визначається з умови забезпечення $Ra = \text{const}$. Власне, забезпечення певного зусилля притискання не являє собою якоїсь проблеми під час виконання стрічкового шліфування. Для цього отримане рівняння регресії слід розв'язати щодо параметра F_S у такий спосіб:

$$\lg F_S = \frac{\lg Ra - 0,923 + 1,542 \lg d_3 + 5,423 \lg v_H}{6,587 - 4,325 \lg d_3} \quad (5)$$

За допомогою комп'ютерного забезпечення легко автоматизувати вироблені по формулі (5) розрахунки з виводом на дисплей графічної побудови поверхонь відгуку.

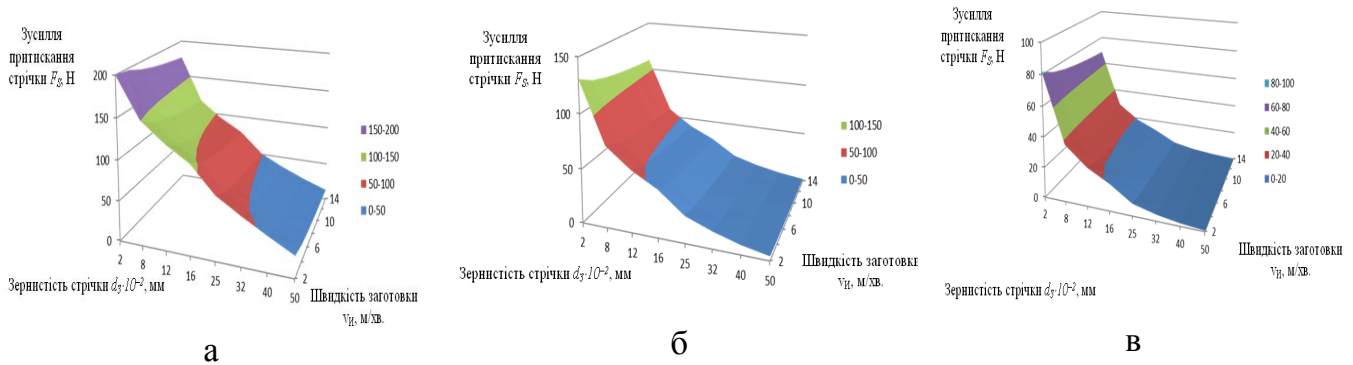


Рис. 4 – Номограми режимів стрічкового шліфування по гарантованому забезпеченню параметрів шорсткості поверхні: *a* - $Ra \leq 2,5$ мкм, *б* - $Ra \leq 1,25$ мкм, *в* - $Ra \leq 0,63$ мкм

Суть користування номограмами зводиться до наступного: для прийнятих, наприклад, зернистості абразивної стрічки 25 і швидкості заготовки $v_H = 6$ м/хв. для гарантованого забезпечення параметра $Ra \leq 2,5$ мкм при шліфуванні необхідно забезпечити зусилля притискання $F_S = 65$ Н (рис. 4, *a*). Для одержання в таких же умовах шорсткості поверхні $Ra \leq 1,25$ мкм зусилля притискання повинно бути не більше 25 Н (рис. 4, *б*). Аналогічні міркування можна провести і при користуванні номограмами для фіксованих значень F_S і v_H , d_3 і F_S .

Висновки. Отримана математична модель залежності параметра Ra шорсткості поверхні при стрічковому шліфуванні. Вона є робочою для всіх точок дослідженого факторного простору з інтервалами варіювання змінних факторів: зернистості стрічки $d_3 = 10 \dots 30$, зусилля притискання стрічки $F_S = 20 \dots 120$ Н й швидкості на зовнішньому діаметрі заготовки $v_H = 5 \dots 15$ м/хв. Аналіз отриманої математичної моделі показав, що значення шорсткості поверхні при стрічковому шліфуванні в основному залежить від зернистості застосовуваної стрічки й зусилля притискання стрічки й мало змінюється залежно від швидкості виробу.

Список літератури: 1. Соколова Л. С. Шлифование абразивными лентами с постоянной силой прижима / Л. С. Соколова. – М.: Спутник, 2005. – 146 с. 2. Овсеевко А. Н. Математическая модель шероховатости поверхности при ленточном шлифовании гидротурбинной стали / А. Н. Овсеевко, Б. Н. Хватов // Энергомашиностроение. – 1988. – № 7. – С. 18 – 20. 3. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мецержакова. – М.: Машиностроение, 1983. – Т. 1. – С. 100 – 105. 4. Адлер Ю. Р. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. Р. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М.: Машиностроение, 1976. – 279 с. 5. Experimental Research on the Abrasive Belt Grinding Turbine Blades Material 1Cr13 Stainless Steel / H. L. Wu, Y. Huang, Z. Huang, G. J. Cheng // Key Engineering Materials. – Vol. 487 (2011). – pp. 452 - 456. 6. Research on Accuracy of Abrasive Belt Grinding / Hong Li // Applied Mechanics and Materials. – Vols. 101-102 (2012). – pp. 1101-1104.

Надійшла до редколегії 22.01.2014

УДК 621.923.01

Підвищення ефективності стрічкового шліфування/ Васильєв А. В., Попов С. В., Костенко О. С. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2014. – № 7 (1050). – С.29-34. – Бібліогр.: 6 назв. ISSN 2079-5459

Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований процесса ленточного шлифования цилиндрических деталей. Авторами получена математическая модель зависимости параметра шероховатости поверхности от таких переменных факторов как зернистость ленты, усилие прижима ленты и линейная скорость по внешнему диаметру заготовки.

Ключевые слова: ленточное шлифование, шероховатость поверхности, математическое моделирование

Effectiveness increase of band grinding/ A. V. Vasilyev, S. V. Popov, O. S. Kostenko//Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.29-34. Bibliogr.: 6. ISSN 2079-5459

In this article the theoretical and experimental results of cylindrical details band grinding are presented in details. The author's mathematical model is about surface roughness dependence by such variables as band grain, band die hold-down pressure, billet external diameter line speed.

Keywords: band grinding, surface roughness, mathematical modelling

УДК 517.958.536.72

О. Г. АРХИПОВ, д-р техн. наук, зав. каф., Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, Северодонецьк;

С. А. РЕВЕНКО, канд. техн. наук, доц., Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, Северодонецьк;

В. В. ІВАНЧЕНКО, канд. техн. наук, доц., Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, Северодонецьк;

Л. В. КАРПЮК, ст. викл., Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, Северодонецьк;

Ю. М. ШТОНДА, ст. викл., Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, Северодонецьк

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАЛІ JIS G3458 STPA22 ПІСЛЯ ТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Значна частина обладнання хімічної промисловості наближається до вичерпування запланованого ресурсу. Подальша його експлуатація можлива за умови відповідності механічних характеристик значенням, що закладені в нормативні документи. На прикладі дослідження характеристик міцності оцценолегованої сталі JIS G3458 STPA22 з системи пароутворення цеху синтетичного аміаку показано можливість прогнозування змін механічних характеристик протягом тривалої експлуатації.

Ключові слова: умовна границя текучості, тимчасовий опір, карбіди, коагуляція.

Вступ. Значна кількість обладнання і трубопроводів в Україні знаходиться в експлуатації довгий час. Відомо, що внаслідок тривалої дії високих температур і агресивного середовища можуть відбуватися структурні зміни металу, а також механічних і інших характеристик металу [1-4]. Дослідження цих змін і їх врахування підвищує безпеку експлуатації і дозволяє більш оптимально планувати ремонтні роботи.

Дослідження характеристик міцності за нормальних і підвищених температур. Об'єктом досліджень була вибрана сталь марки JIS G3458 STPA22, з якої були виготовлені труби системи пароутворення цеху синтетичного аміаку 1-Б ПрАТ “Северодонецьке об'єднання Азот”. Сталь JIS G3458 STPA22 є конструкційною оцценолегованою сталлю, яка використовується для виготовлення пароперегрівачів, паропроводів, колекторів, фланців, що довгостроково працюють за температур до 500°C. За хімічним складом досліджувана сталь близька до вітчизняної сталі марки 15ХМ (ГОСТ 4543-71). Система пароутворення входить в блок парового риформінгу і призначена для отримання пари під тиском не більше 109 кгс/см² (надлишкового) з температурою 480-482 °С, необхідного для парової конденсаційної турбіни з регулюючим відбором пари, яка є приводом трикорпусного відцентрового компресора азотоводневої суміші. Трубопровід пущений в експлуатацію у 1975 році. До моменту дослідження трубопровід знаходився в експлуатації