

3. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали [Уч. для вузов] / В.А. Кудрин. – М.: «Мир», ООО «Издательство АСТ», 2003. – 528 с.
4. Математическое описание непрерывного стана горячей прокатки как объекта системы автоматического управления/ Ю.Г. Самборский, В.Г. Файнштейн // Вісник Криворізького національного університету – Випуск 37. – 2014. – с. 104-107.
5. Теорія процесів обробки металів тиском: Підручник / В.М. Данченко, В.О.Грінкевич, О.М. Головка – Дніпропетровськ: Пороги, 2008. – 370 с.
6. Конспект лекцій з дисципліни Технологія процесів ОМТ: Основи калібровки валків для студентів напряму 6.050401 — Металургія (Обробка металів тиском) всіх форм навчання / М.М. Штода – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2016 р. – 88 с.
7. Бережний М.М., Чубенко В.А. Основи проектування технологічних ліній і комплексів металургійних цехів: Монографія. – Кривий Ріг: Видавничий Дім, 2010. – 404 с.
8. Чубенко В.А., Хіноцька А.А. Технологія прокатного виробництва: Навчальний посібник – Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2017. – 170 с.
9. Калибровка прокатных валков: Учебное пособие для ВУЗов / Чекмарев А.П., Мутьев М.С., Машковцев Р.А. – М.: Металлургия, 1971 г. – 512 с.
10. Технологія прокатного виробництва: Учебник для ВУЗов / Грудев А.П., Машкин Л.Ф., Ханин М.И. – М.: Металлургия, 1994 г. – 656 с.
11. Королёв А.А. Механическое оборудование прокатных станов/ Королёв А.А. – М.: Металлургия, 1975 – 548 с.
12. Взаємодія технологічних параметрів в осередку деформації при сталому процесі прокатування/ М.М. Бережний, В.А. Чубенко, А.А. Хіноцька, А. Шепель, В. Чубенко //Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013 р. – № 43. – С. 36 – 41.
13. Час перебування металу в осередку деформації та утворення нової поверхні/ М.М. Бережний, Чубенко В.А., Хіноцька А.А., Глінкін А.// Вісник Криворізького технічного університету– Випуск 30. – 2012. – с. 171– 174.
14. Енергетичний баланс та реологічні властивості осередку деформації при прокатуванні штаби гладкими валками. Монографія / Бережний М.М., Чубенко В.А., Хіноцька А.А. – Кривий Ріг: Діоніс. – 2011. – 120 с.
15. Чубенко В. А., Хіноцька А. А. Технологія процесів обробки металів тиском: Навчальний посібник. – Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ, 2020 р. – 206 с

Рукопис подано до редакції 16.03.2022

УДК 691.32

Н. В. АСТАХОВА, канд. техн. наук, доц.  
Криворізький національний університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЦЕМЕНТНОГО КАМЕНЮ З ВИКОРИСТАННЯМ АКТИВОВАНИХ ВІДХОДІВ ГЗК

Бетони, що використовуються для ремонту будівельних конструкцій, повинні мати високу швидкість формування фізико-механічних властивостей. Крім того, в процесі виготовлення, твердіння та експлуатації в бетоні відбуваються об'ємні зміни, виникають деформації матеріалу. Їх величина залежить від властивостей складових бетону, його структури, особливостей технології та інших факторів. Деформативні властивості бетону враховуються при проектуванні конструкцій, і вони здійснюють великий вплив на якість та довговічність бетонних та залізобетонних споруд.

**Мета.** Отримання цементного каменю зі зниженими деформативними властивостями під дією навантаження, шляхом модифікації його структури активованим наповнювачем з відходів ГЗК.

**Методи дослідження.** У якості основних методів досліджень використані руйнівні методи оцінки міцності при стиску стандартних зразків.

**Наукова новизна.** Експериментально підтверджена можливість модифікації властивостей портландцементу введенням до його складу активованого наповнювача з відходів ГЗК і водного колоїдного розчину з залізовмісними комплексами, що призводить до утворення меншої кількості гелю та більшої кількості кристалічних новоутворень в продуктах гідратації цементу, призводить до зниження деформативних властивостей цементного каменю під дією навантаження.

**Практичне значення.** Отриманий цементний камінь, який володіє підвищеною швидкістю формування деформативних властивостей, за рахунок введення до його складу активованого наповнювача з відходів ГЗК і водного колоїдного розчину з залізовмісними комплексами, що розширює сировинну базу будівельних матеріалів, знижує вартість будівельних виробів та конструкцій та скорочує витрати на ремонт будівель та споруд.

**Результати.** На основі виконаних досліджень було виявлено, що введення активованого наповнювача з відходів ГЗК в кількості 20 % та водного колоїдного розчину з залізовмісними комплексами в кількості 0,5 % від маси цементу, призводить до зниження деформативних властивостей цементного каменю під дією навантаження. При цьому швидкість формування деформативних властивостей даного цементного каменю вища в порівнянні з бездобавочним.

**Ключові слова:** відходи ГЗК, водний колоїдний розчин з залізовмісними комплексами, деформації усадки цементного каменю.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** За роки експлуатації родовищ Криворізького басейну накопичено майже 9,5 млрд тонн промислових відходів. Вони заскладовані у відвалах, хвосто- і шламонакопичувачах, що займають величезні площі (10,4 тис. га). Здебільшого це - відходи гірничої промисловості, утворені при добуванні та збагаченні руд.

Обсяги утворення та розміщення промислових відходів підприємствами гірничо-промислового комплексу складають 99 % від загальних обсягів відходів по місту.

Зменшення обсягів розміщення промислових відходів та збільшення обсягів їх переробки, повторного використання і утилізації – одні із важливих напрямків екологічної політики у нашому місті.

**Аналіз досліджень і публікацій.** В даний час відходи гірничо-збагачувальних комбінатів [1] (так звані «хвости» збагачення залізних руд) використовуються для додаткового вилучення корисних компонентів та в якості одного з компонентів складного в'язучого [2, 3] або дрібного заповнювача. Відомо використання «хвостів» збагачення залізних руд в якості заповнювачів на копальнях України, Канади, США, Фінляндії, Японії, Австралії, Німеччини [4–7]. Однак не існує ефективних схем повної утилізації цих відходів [1].

Для більш ефективного використання хвостів збагачення залізної руди їх фракціонують [8]. Необхідність фракціонування особливо відчувається при використанні хвостів як дрібного заповнювача бетонів відповідних конструкцій, де потрібна висока марка бетону й виключається перевитрата цементу [8]. Через примусове відділення грубозернистої фракції від пульпи та зневоднення кварцовозалізистий пісок за хімічним, гранулометричним складом та фізичними властивостями характеризується відносною сталістю. Він відповідає технічним вимогам [4] і може бути застосований у будівельних розчинах і бетонах [8].

Використання більш економічних матеріалів є пріоритетним напрямком розвитку будівництва [9]. Зменшення вартості будівельних конструкцій досягається шляхом економії засобів, будівельних матеріалів і природних ресурсів, тому пропонується ширше використовувати матеріали побічного видобутку гірничодобувної промисловості для виробництва будівельних конструкцій [9].

Широке використання відходів гірничодобувної промисловості дозволяє забезпечити будівельну галузь надійними і більш економічними матеріалами і буде сприяти рішенню важливих проблем, таких як: відновлення земельних площ, що використовуються під відвали; більш дбайливе використання природних ресурсів; стабільність постачання якісних і дешевих заповнювачів для бетону [9].

Дослідженням особливостей роботи залізобетонних конструкцій, виготовлених з бетонів на дрібних заповнювачах - відходах ГЗК, за даними [9], займалися Б. М. Шевченко, О. І. Валовой, Г. Т. Стороженко, Г. Н. Бондаренко та ін. [10-15].

В роботі [16] відзначено, що були проведені дослідження фізико-механічних властивостей бетонів на заповнювачах з хвостів збагачення. Підібрані склади, що забезпечували різну міцність бетонів і, відповідно, різні деформативні властивості [17, 18].

В результаті проведених дослідів було виявлено, що підбір складу бетонів на класифікованих відходах гірничо-збагачувальних комбінатів можна виконувати загальноприйнятими методами. Відмінними особливостями цих бетонів являються підвищена жорсткість і знижена легкоукладальність. Але ці недоліки легко виправляються [16].

В роботі О. В. Руденко [19] розглядається проблема визначення економічної сутності відходів гірничозбагачувального виробництва з урахуванням галузевих особливостей. Технологія виробничої діяльності гірничозбагачувальних підприємств Кривбасу пов'язана з утворенням багатотонних промислових відходів. Основну їх частину становлять відходи, які утворюються у процесі видобутку та збагачення руди [19].

Великі обсяги їх утворення та нагромадження зумовили загострення економічних, екологічних, соціальних проблем у регіоні та потребують термінових заходів. З метою суттєвого зменшення відходів виробництва гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) необхідно використовувати комплексний підхід до вирішення цього питання. Слід ураховувати, що відходи можуть

бути заміником природних мінеральних ресурсів та водночас вони є небезпечними для довкілля [19].

**Постановка завдання.** Метою дослідження є отримання малоцементного бетону з підвищеною швидкістю формування фізико-механічних показників, зі зниженими деформативними властивостями під дією навантаження, шляхом модифікації його структури активованими залізокарбонатними комплексами.

**Викладення матеріалу та результати.** Одними з основних властивостей, що впливають на роботу бетонних та залізобетонних конструкцій, являються деформативні властивості. Відповідно до норм проектування та умов роботи відповідних будівельних конструкцій необхідно регламентувати деформативні властивості бетону.

Оскільки цементний камінь являється найбільш деформативним компонентом бетону, то в даній групі експериментів досліджувалися деформативні властивості цементного каменю в залежності від вмісту в ньому активованого наповнювача з відходів ГЗК, з постійним вмістом водного колоїдного розчину з залізовмісними комплексами.

Після того, як цементний камінь набуває певну міцність, його усадка продовжується.

В умовах експерименту, введення в склад цементу активованого наповнювача з відходів ГЗК призводить до зменшення усадки цементного каменю, як показано на рис. 1.

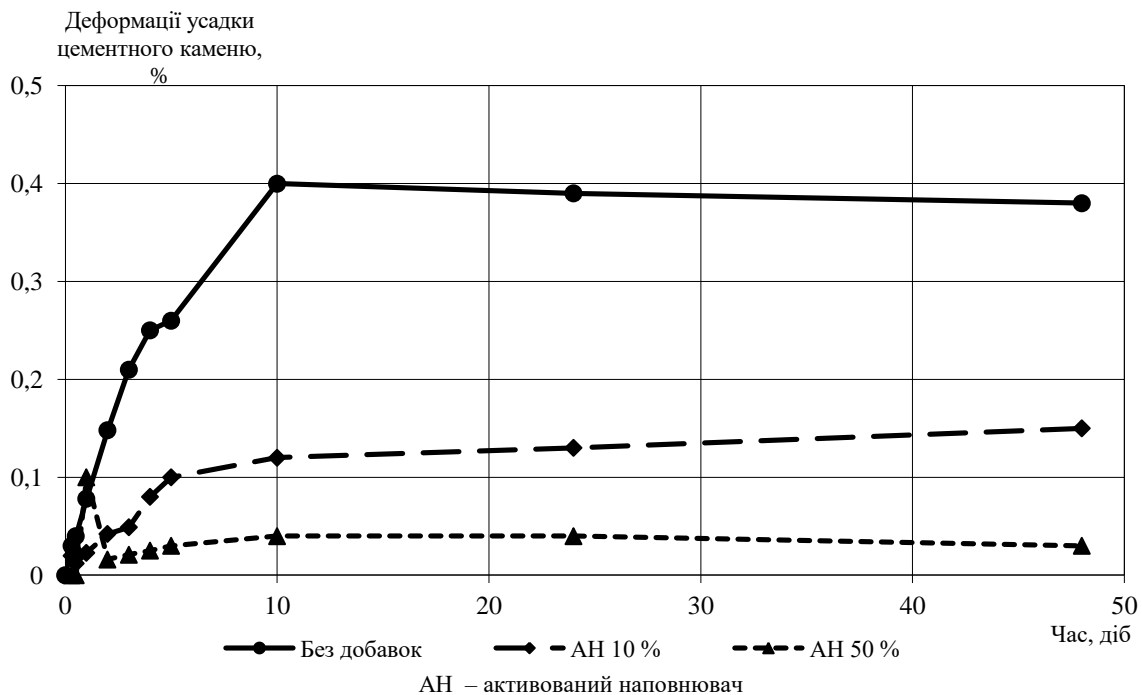


Рис. 1. Деформації усадки цементного каменю

При вмісті 10 % активованого наповнювача з відходів ГЗК деформації цементного каменю значно зменшуються в порівнянні з контрольним (бездобавочним) зразком.

При збільшенні кількості активованого наповнювача до 50 % і більше, усадка цементного каменю практично відсутня, тобто цемент з таким вмістом активованого наповнювача можна віднести до безусадкових.

При дії на цементний камінь навантаження, його деформації залежать, як відомо, від складу цементу та величини зовнішнього навантаження.

В умовах експерименту, при введенні активованого наповнювача з відходів ГЗК в цемент відбувається зниження максимальної відносної деформації цементного каменю, як наведено в табл. 1.

## Деформативні властивості цементного каменю

Вік, діб	Вміст активованого наповнювача з відходів ГЗК, %	Максимальна відносна деформація, $\epsilon$	В/Ц		
14	0	0,0075	0,28		
7	20	0,006			
14		0,00734			
7	30	0,00534			
14		0,00603			
28		0,00494			
7	40	0,00500			
14		0,00714			
28		0,00725			
7		0,00631			
14	20	0,00775		0,32	
28		0,00641			
7	30	0,00616			
14		0,0065			
28		0,00572			
7	40	0,00366			
14		0,00534			
28		0,00494			
14	0	0,0075	0,36		
28		0,0053			
7		20			0,00850
14					0,00516
28				0,00644	
7		30		0,00916	
14				0,00766	
28				0,00484	
7		40		0,00506	
14				0,00688	
28				0,00500	

У віці 7 діб, при 20 % вмісту активованого наповнювача з відходів ГЗК, максимальне значення початкового модуля пружності має цементний камінь при водоцементному відношенні 0,28, а мінімальне значення - цементний камінь при водоцементному відношенні 0,36, як наведено в табл. 2.

У віці 14 діб, значення початкового модуля пружності при водоцементному відношенні 0,28 зменшується в 1,6 рази, при водоцементному відношенні 0,32 значення початкового модуля пружності збільшується в 1,2 рази, а при водоцементному відношенні 0,36 значення початкового модуля пружності збільшується в 2,4 рази.

Цементний камінь з водоцементним відношенням 0,32 має максимальне значення початкового модуля пружності, а мінімальне значення має цементний камінь з водоцементним співвідношенням 0,36 (табл. 2).

При водоцементному відношенні 0,36, у віці 14 діб, значення початкового модуля пружності цементного каменю, що містить 20 % активованого наповнювача з відходів ГЗК, на 5,3% більше у порівнянні з контрольним зразком.

У віці 28 діб, значення початкового модуля пружності при водоцементному відношенні 0,32 збільшується в 1,8 рази, а при водоцементному співвідношенні 0,36 - збільшується в 1,07 рази.

Таблиця 2  
Початковий модуль пружності цементного каменю, МПа

Вік, діб			Вміст активованого наповнювача з відходів ГЗК, %	В/Ц
7	14	28		
-	2323,4	4289,9	0	0,28
2934,3	2382,8	3708,4	20	
1943,8	1802,9	1967,2	30	
-	1596,7	3454,8	0	0,32
2083,3	2470,4	3710,1	20	
3442,03	1826,9	3055,6	30	
2155,2	3537,9	2074,7	40	
2441,4	1523,4	-	0	0,36
895,9	2199,1	2349,6	20	
1464,4	1952,9	3529,4	30	
1595,7	1149,4	1778,2	40	

Цементний камінь з водоцементним відношенням 0,32 має максимальне значення початкового модуля пружності, а мінімальне значення - цементний камінь з водоцементним відношенням 0,36 (табл. 2).

Таким чином, значення початкового модуля пружності цементного каменю незалежно від вмісту активованого наповнювача з відходів ГЗК, зі збільшенням віку збільшується.

Найбільше значення початкового модуля пружності майже завжди має цементний камінь з водоцементним відношенням 0,32, при вмісті активованого наповнювача з відходів ГЗК в кількості 20 % та 40 %.

Тому це значення водоцементного відношення являється найоптимальнішим, і воно забезпечує утворення меншої кількості гелю та більшої кількості кристалічних новоутворень в продуктах гідратації цементу з додаванням активованого наповнювача з відходів ГЗК, з постійним вмістом водного колоїдного розчину з залізовмісними комплексами.

**Висновки та напрямки подальших досліджень.** Введення 20 % активованого наповнювача з відходів ГЗК та водного колоїдного розчину з залізовмісними комплексами в кількості 0,5 % від маси цементу, призводить до зниження деформативних властивостей цементного каменю під дією навантаження.

При цьому швидкість формування деформативних властивостей даного цементного каменю вища в порівнянні з бездобавочним.

### *Список літератури*

1. **Шишкин А. А., Шишкина А. А., Щерба В.В.** Особенности использования отходов горнообогатительных комбинатов в производстве строительных материалов / **А. А. Шишкин, А. А. Шишкина, В. В. Щерба В.В.** // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2013. - № 1(99). – С. 8 – 12.
2. **Резниченко П. Т.** Охрана окружающей среды и использование отходов промышленности [Текст] / П. Т. Резниченко, А. П. Чехов. – Днепропетровск: Промінь, 1973. – 94 с.
3. **Шишкин А. А.** Бетоны на основе шламов обогащения железных руд и щелочного компонента [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Шишкин Александр Алексеевич. – Кривой Рог, 1989. – 177 с.
4. ДСТУ Б В.2.7-33-2001. Будівельні матеріали. Пісок кварцевозалізистий і тонкодисперсна фракція для будівельних робіт з відходів гірничозбагачувальних комбінатів України. Технічні умови [Текст]. – На заміну ДСТУ Б В.2.73395 ; введ. 01.04.2002. – К. : Держбуд України, 2001. – 12 с.
5. **Репп К. Ю.** Материалы для искусственных целиков и технология их возведения [Текст] / **К. Ю. Репп, Л. К. Вахрушев, С. А. Студзинский.** – М.: Недра, 1968. – 191 с.
6. **Репп К. Ю.** Материалы для искусственных целиков и технология их возведения [Текст] / **К. Ю. Репп.** – М.: Недра, 1968. – 72 с.
7. **Lowson R.** Aqueous oxidation of pyrite by molecular oxygen [Текст] / **R. Lowson** // Chem. rev. – 1982. – V. 82, № 5. – P. 461–497.
8. **Валовой О. І., Астахов В. І., Афанасьев В. В., Валовой М. О., Єременко О. Ю.** Використання відходів гірничорудної промисловості у промисловому, цивільному та транспортному будівництві / **О. І. Валовой, В. І. Астахов, В. В. Афанасьев, М. О. Валовой, О. Ю. Єременко** // Гірничий вісник. - 2020. - вип. 107. – С. 142-147.
9. **Герб П. І., Валовой О. І.** Ефективність використання відходів ГЗК, як заповнювача в бетонах, для підвищення тріщиностійкості при підсиленні залізобетонних балок / **П. І. Герб, О. І. Валовой** // Вісник Криворізького національного університету. – 2017. – Вип. 44. – С. 49 – 54.
10. **Шевченко Б. Н.** Исследование прочности и деформативности предварительно напряженных железобетонных элементов, изготовленных из бетонов на мелких заполнителях – отходах горно-обогатительных комбинатов: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.01 “Будівельні конструкції, будівлі та споруди” / Б. Н. Шевченко. – Киев, 1980. – 20 с.
11. **Шевченко Б. Н.** Конструкции из бетонов на отходах обогащения железных руд / **Б. Н. Шевченко** // К.: Выш. шк., 1989. – 192 с.
12. **Шевченко Б. Н., Валовой А. И., Стаханов Н. П.** Предварительно напряженные конструкции из бетона на мелких заполнителях – отходах обогащения железных руд / **Б. Н. Шевченко, А. И. Валовой, Н. П. Стаханов** // X Международный конгрессе ФИП: 16- 20 февраля 1986 г., Дели. : М.: ФИП, НК СССР, 1986. – 12 с.
13. **Стороженко Г. Т.** Исследование напряженно-деформированного состояния железобетонных элементов из бетонов на местных материалах Кривбасса: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» / **Г. Т. Стороженко** – Кривой Рог, 1971. – 19 с.
14. **Стороженко Г. Т.** Конструктивные элементы на местных материалах / **Г. Т. Стороженко** // Будівельні матеріали і конструкції. – 1971. № 1. – С.12.
15. **Бондаренко Г. Н.** Обычные и высокопрочные бетоны на заполнителях из отходов ГОК / **Г. Н. Бондаренко** // Бетон и железобетон. – 1975. – № 3. – С.10-12.
16. **Стороженко Л. И., Шевченко Б. Н., Ильенко В. М. и др.** Железобетонные конструкции из бетонов на отходах горнорудной и металлургической промышленности / **Л. И. Стороженко, Б. Н. Шевченко, В. М. Ильенко и др.** // Киев: Будівельник, 1982. - 72 с.
17. **Бондаренко Г. Н.** Обычные и высокопрочные бетоны на заполнителях из отходов ГОК / **Г. Н. Бондаренко** // Бетон и железобетон, 1975, № 3, С. 6 - 8.

18. **Виберг І. Ф.** Заполнители для бетона из отходов горно-обогатительной промышленности / **И. Ф. Виберг** // Бетон и железобетон, 1975, № 3, С. 12 - 13.

19. **Руденко О. В.** Відходи гірничо-збагачувального виробництва: особливості при визначенні їх об'єктом обліку / **О. В. Руденко** // ISSN 2074-5362. Європейський вектор економічного розвитку. - 2011. - № 1 (10). – С. 202 – 207

Рукопис подано до редакції 21.03.2022

УДК 681.518

**М.В. КІЯНОВСЬКИЙ**, д-р техн. наук, проф.,  
**Н.І. ЦИВІНДА, А.О. РЯЗАНЦЕВ**, кандидати техн. наук, доценти  
Криворізький національний університет

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА В УМОВАХ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО АУТСТАФФІНГУ АБО АУТСОРСИНГУ**

**Мета.** Мета даної роботи полягає в досягненні ефективності процесів аутстафінгу або аутсорсингу послуг інструментального забезпечення, при співпраці з профільними інжиніринговими компаніями, за рахунок наукового обґрунтування параметрів угод інструментального оснащення, які відповідають ресурсним характеристикам всіх видів інструментів та властивостям матеріалів, що піддаються обробці.

**Методи дослідження.** Результати роботи по обґрунтуванню параметрів інструментального забезпечення виробництва отримані шляхом теоретичних, статистичних і експериментальних досліджень. Для раціонального використання коштів обсяги і терміни замовлень в системах аутстафінгу або аутсорсингу послуг інструментального забезпечення здійснюються за схемою «мінімум-максимум запасів». В якості експериментальних досліджень використано дані обробки броні конусних дробарок, де фіксувались граничні спрацювання ріжучих пластин, та проведена подальша перевірка гіпотези про вид закону розподілу ймовірності значень стійкості ріжучих пластин з надтвердих матеріалів на основі кубічного нітриду бору.

**Наукова новизна.** Організація процесів підготовки і керування виробничими процесами у машинобудуванні залежить від ефективності інструментального забезпечення виробничих операцій. Виходячи із великої витратності процесів підготовки виробництва, потреби підприємств інвестувати власні кошти і значної відстані до моменту отримання прибутку, стає актуальним розробка ефективних бізнес-процесів підготовки виробництва на засадах умов аутстафінгу або аутсорсингу послуг інструментального забезпечення із значним скороченням системних (організаційних) і цільових (об'єктно-орієнтованих) витрат на придбання інструментального оснащення.

**Практичне значення.** Мінімальні витрати у сучасному виробництві досягаються при правильному поєднанні ефективності різних форм зовнішньої інжинірингової допомоги, яка може надаватись у формах аутстафінгу або аутсорсингу, що є управлінською технологією, яка скоротить витрати фірми, а може збільшити її доходи. Це досягається за рахунок концентрації грошових, тимчасових і трудових ресурсів на веденні основної бізнес-діяльності, що істотно підвищує її продуктивність

**Результати.** Було виявлено, що встановлення обґрунтованих параметрів замовлень інструменту, термінів отримання, раціональних витрат досягається без додаткових витрат, завдяки системному накопиченню статистичних даних про стійкість інструменту з подальшою обробкою за допомогою доступного програмного забезпечення.

**Ключові слова:** інструментальне оснащення, бізнес-процеси, підготовки виробництва, аутстафінг, аутсорсинг, ефективність процесів інструментального забезпечення.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-103-109

**Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями.** Організація інструментального забезпечення машинобудівного виробництва є вагомим витратним операційним підприємства, що стримує перспективу отримання замовлень і ефективної діяльності і через це вимагає перебудови існуючих бізнес-процесів. Досвід проведення підготовки виробництва встановив параметри витрат підприємства:

проекування та виготовлення комплекту технологічного оснащення становить за трудомісткістю до 80%, за тривалістю – 90% загальних витрат на технологічну підготовку виробництва нових виробів;

витрати на оснащення нових виробів становлять 8-15% собівартості, а оборотні кошти, вкладені у виготовлення та придбання технологічного оснащення, займають від 15 до 40% від загальної суми оборотних засобів підприємства;