

<sup>1</sup> **Т.Л. Чебанов**, кандидат технічних наук, доцент, ORCID: 0000-0002-8814-971X;

<sup>2</sup> **О.В. Фролов**, кандидат технічних наук, доцент, ORCID: 0000-0003-2115-2117;

<sup>3</sup> **Л.С. Чебанов**, кандидат технічних наук, доцент, ORCID: 0000-0003-2451-2337.

<sup>1, 2, 3</sup> Київський національний університет будівництва та архітектури, м. Київ

## ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ БУДІВЕЛЬНИХ СИСТЕМ

**Анотація.** Теоретичні засади та закономірності є основою розвитку технологічних систем в будівництві. Технологія зведення будівель і споруд є універсальною множиною, яка описується великою кількістю будівельних технологій. Останні, в свою чергу, складаються із системи знань про організацію праці, структуру, методи і способи виконання будівельних процесів, механізацію і якість робіт.

Виробничі будівельні системи, як клас функціональних систем створюються, проектуються для реалізації певних задач, які можуть бути спеціалізованими (одна задача) або багатофункціональними (декілька задач)

Багатофункціональні технологічні системи розглянуто в теоріях дослідження операцій здійснення виробничих будівельних систем різного рівня та призначення, а також системотехніки, методів прийняття рішень та оптимізації. Результатом формування таких систем є кінцевий корисний результат, який досягається шляхом взаємодії та, відповідно, взаємного впливу його учасників. Складні системи розподіляють підсистеми з метою оптимізації їх елементів шляхом формалізації процедур проектування та створює метод проектування багатофункціональних систем.

Система у вигляді будівельного процесу має свою структуру з відповідною ієрархією, - підпорядкованістю її елементів з багаторівневою структурою. Складність будівельних процесів визначає рівень його структури. Реалізація технологічних систем шляхом різноманітних перетворень предметів праці в продукт праці. Зміна властивостей об'єкта перетворення відбувається в технологічних процесах реалізацією відповідних підпроцесів та операцій.

Гнучкий підхід до проектування багатофункціональних технологічних систем є можливим при використанні універсальних можливостей будівельних та дорожніх машин за рахунок оснащення їх додатковими змінними робочими органами

**Ключові слова:** багатофункціональні системи; будівельні технології; будівельний процес; робочі операції; будівельні машини; система перетворень в будівництві.

### Вступ

Більшість технологічних операцій пов'язана з механічними діями (впливом) знарядь праці на предмет праці для зміни або збереження його форми, напруженого стану, просторового положення та структури. Структура технологічного процесу визначається складом технологічних операцій. Рівні будівельних процесів розглядають відповідно до структури будівлі [1]. Перший рівень структури будівельного процесу є найвищим. Він складається із підпроцесів другого рівня, або реалізація основних конструктивних елементів.

На третьому рівні кожен окремий конструктив розглядається як самостійний. При їх поділі утворюються процеси четвертого рівня структури будівельного процесу, або операції.

### Аналіз досліджень і публікацій

Теоретичні та методологічні основи технологічних процесів для зведення будівель і споруд викладено в роботі Тонкачєєва Г.М. [1]. В основу роботи покладено концепція подання інформації та навчання студентів за фактолічним методом. Ці результати базуються на результатах досліджень Тонкачєєва Г.М., що створив оригінальну систему формування комплектів будівельної оснастки шляхом формування функціонально-модульних систем [2]. Розглянуто функції будівельної оснастки в структурі процесу

зведення будівель та споруд в умовах нового будівництва та реконструкції [3].

Савйовський В. В. розглядав технології монтажу та демонтажу металевих конструкцій в умовах нового будівництва та реконструкції [4]. Запропоновано оригінальні конструктивно-технологічні рішення по зведенню спеціальних будівель і споруд, зокрема великооб'ємних силосів для зберігання зерна тощо.

Вибір комплектів машин для комплексної механізації будівельно-монтажних пропонується здійснювати у два етапи в роботі НДІБВ [5] На першому етапі визначаються необхідні експлуатаційні параметри основних машин, їх типи та марки, а також перелік технологічно необхідних допоміжних машин та їх типи. В якості однієї можливої схем комплексної механізації розглядається основна машина з комплектом навісного змінного обладнання.

На другому етапі проводиться вибір оптимального варіанта механізації

Питання трансформації та адаптації будівництва розглянуто в працях Осіпова О.Ф. [5]. Задачі забезпечення адаптивності технологічних схем полягають в обґрунтуванні та виборі методів та засобів, що забезпечують зменшення функціонального зв'язку між головним параметром технологічних систем та умовами їх функціонування. До основних методів та засобів адаптації відносять: збільшення функціональної

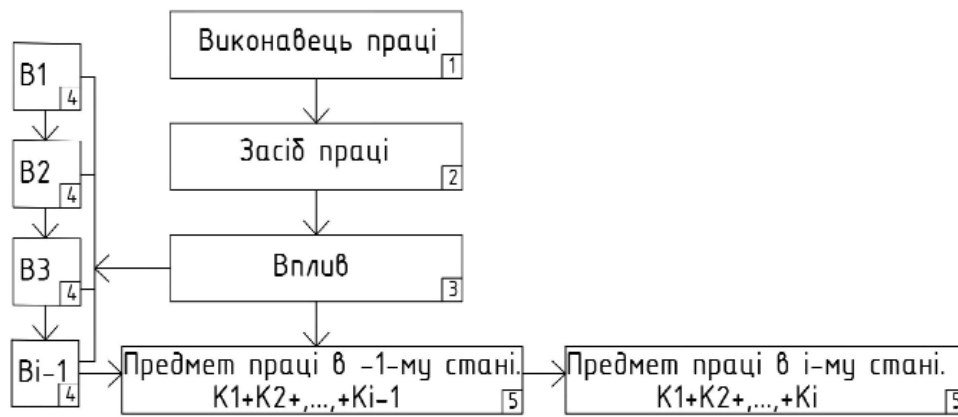


Рис. 1. Реалізація впливів в будівельному процесі

інертності системи (резервування продуктивності та (або) оперативного часу); функціональне резервування цільової функції; структурне резервування елементів та взаємозв'язків. Проектування адаптивних динамічних трансформуючихся технологічних систем розглянуто на прикладі реконструкції будівель.

На підставі одержаних наукових теоретичних та експериментальних досліджень, Молодід О.С. [7] розроблено системи формування конструктивно-технологічних рішень з відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій у складі трьох підсистем: формування технологічних рішень ремонту будівельних конструкцій; формування конструктивно-технологічних рішень підсилення будівельних конструкцій залежно від реального оточення; формування конструктивно-технологічних рішень підсилення будівельних конструкцій залежно від нормативної техніко-економічної ефективності способів підсилення. Базуючись на запропонованих системах, розроблено системи формування рішень на основі планових техніко-економічних показників залежно від впливу чинників зовнішнього середовища. Створено наукоємну систему конструктивно-технологічних рішень для відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій, яка має спеціалізований інструментарій, на підставі якого формуються нові технології, підтверджені експериментальними дослідженнями

**Постановка завдання, основна частина**

Будівельний процес - це послідовність впливу виконавця праці через засоби праці на предмет праці з метою надання йому заданих якостей.

Задана певним чином сукупність якостей пред-

мету праці, що реалізована в процесі праці (будівельних процесах), перетворює предмет праці в готову або закінчену будівельну продукцію. З кожним впливом на предмет праці останній, залишаючись таким, змінює свої властивості. Тобто, на кожному етапі поточного процесу виконавець має справу з іншим, інколи новим предметом праці. Кожен черговий вплив на нього передбачає застосування відповідного засобу праці та певних прийомів його використання для надання предмету заданої послідовності якості  $K_i$  (рис.1).

З цієї точки зору будівельний процес являє собою форму взаємодії виконавця, засобів і предметів праці в певній послідовності. В свою чергу ця послідовність відповідає черговості придбання предметами праці нових властивостей у результаті здійснення впливів, реалізація яких утворює нову його якість.

Завдання такої послідовності та забезпечення подальшої її реалізації є функціями управління. При цьому формою визначення режимів здійснення будівельного процесу вбачається узагальнена технологічна модель. В якості останньої розглядається сукупність проектної, планової, інструктивної, нормативної та іншої документації, що встановлює характеристики, параметри та показники будівельного процесу. Технологічна модель також регламентує матеріальне забезпечення умов технологічна готовність фронту робіт (ТГФР) системою підготовки будівельного виробництва. Складання програм будівельного процесу і забезпечення робіт (ТГФР) полягає в єдиному для обох ділянок фронту робіт, а також час дії в будівельному процесі і предметного надання на цю ділянку необхідних для здійснення цих дій умов ТГФР(рис. 2).

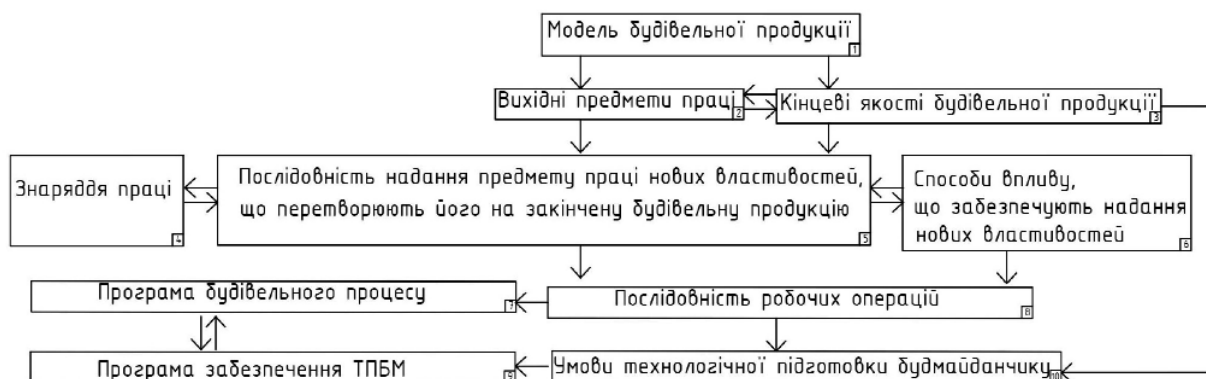


Рис.2. Схема формування програм будівельного процесу і забезпечення ТГФР

Поняття ТГФР запропонував Фролов О.В. [8]

Практично в ході процесу це означає, що виконання цих програм забезпечує до моменту виконання впливів наявність на фронті робіт виконавців, предметів (конструкцій, матеріалів, напівфабрикатів і т. д.) і знарядь (машин, механізмів, інструментів і т. д.) праці.

Адекватність впливу на предмет праці запрограмованій якості, яку він повинен отримати, досягається вибором способу впливу (рис. 3, а). Спосіб впливу, в свою чергу, представляє собою в загальному випадку поєднання робочих органів і робочих прийомів. В якості робочих органів при цьому розглядаються самі знаряддя виробництва або їх елементи, що безпосередньо вступають в контакт з предметом праці. Робочі прийоми утворюються комплексом рухів, що виконуються у визначеній послідовності та об'єднаних загальною кінцевою метою – приданням предмету праці запрограмованої якості.

В ряді випадків контакт робочого органу з предметом праці здійснюється опосередковано - через робочий матеріал (рис. 3, б, робоче середовище (рис. 1, в.) або їх комбінації (рис. 3., г,д).

Робочий матеріал, як об'єкт праці, володіє властивостями предмету праці, але відрізняється від

нього тим, що в процесі виробництва, навіть змінюючи свої властивості, не набуває якості продукту праці. В той же час він, не будучи знаряддям праці, володіє властивістю засобів праці, бо реалізує функцію робочого органа – фізичний контакт з предметом праці.

Робоче середовище утворюється штучною зміною фізичних умов природного середовища, в яких відбувається виробничий процес, із метою забезпечення специфічного технологічного впливу на предмет праці (див. рис. 1.3, в, д).

В табл. 1. класифіковані найбільш поширені в будівництві способи впливу, але вони не вичерпують їх різноманітності. Пояснюється це залежністю індивідуальних особливостей способів впливу від значної кількості факторів (характер, принцип, форма, вид, характеристики складових - робочих органів, матеріалів, середовища, прийомів), безперервним розвитком і вдосконаленням технологій виробництва робіт, а також спонтанністю утворення конкретних способів впливу.

Так, в одних випадках зміна робочого прийому (рис. 4, а, б) або випадках робочого органу (рис. 4, в, г) передбачає відповідні зміни класифікації способу впливу. В інших випадках, такі ж зміни цих складових

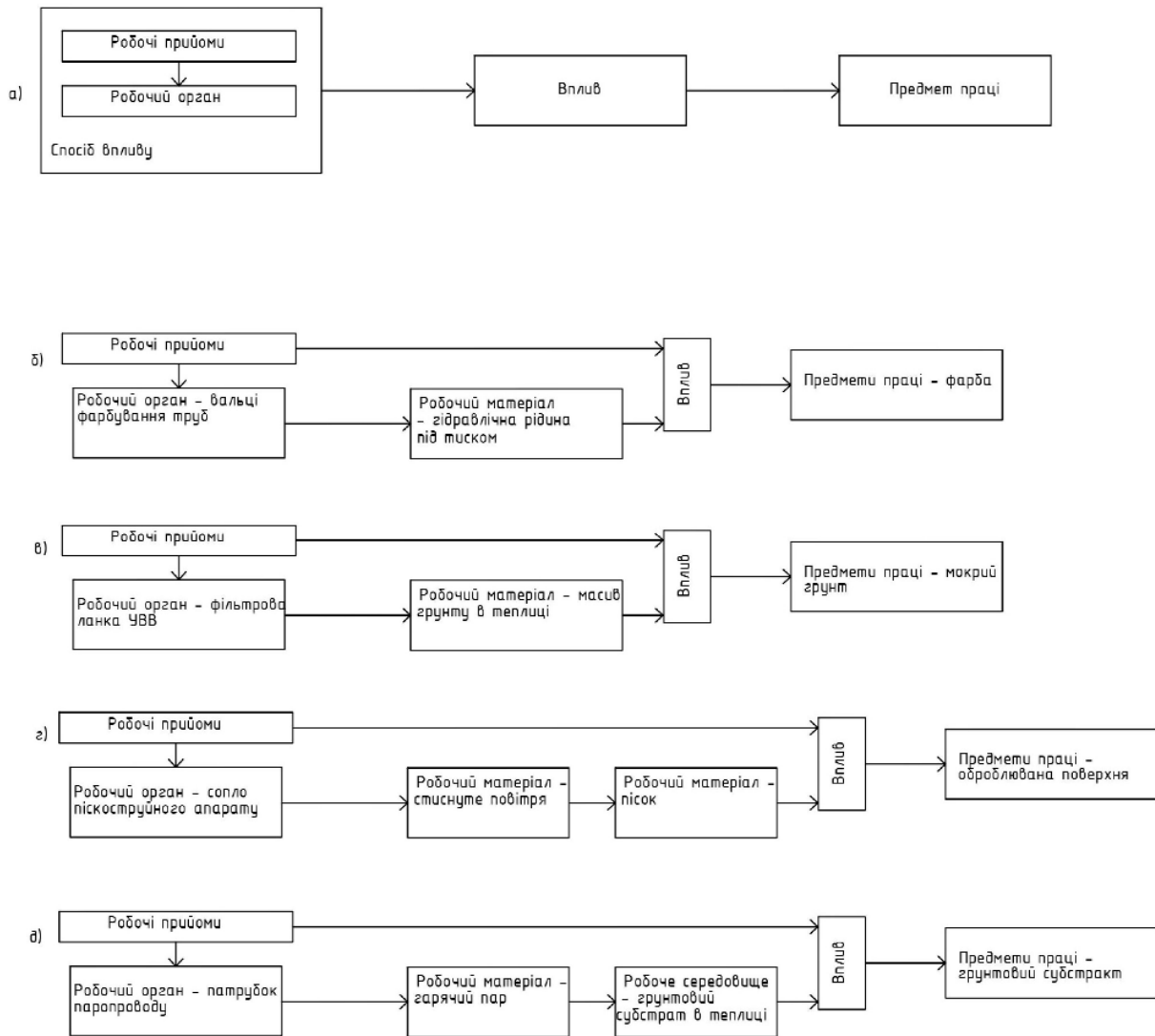


Рис. 3. Технологічна взаємодія засобів і предметів праці в виробничих процесах

Таблиця 1. Класифікація способів дії

№ п/п	Принцип дії	Форма впливу	Вид способу	Способи дії	Область призначення	
1	2	3	4	5	6	
1	Переміщення	Фізичні процеси		Поворот на місці		
		Обертання вільне	-			
		Рух	Простий	Переміщення в горизонтальній площині прямою, підом або опускання по вертикалі (занурення, висування, забивання, висмикування)		Монтажні роботи. Каркас теплиці.
			Складний	Переміщення у горизонтальній площині складною траєкторією, переміщення вертикальною площиною складною траєкторією, переміщення складною траєкторією у просторі		Монтаж технологічного обладнання котельні тепличного комплексу
			Комбінований	Катання, кантування, навішення, переміщення, налізання, вилізування, засипка, висування, обсілювання, набризок, розбризування, наплення, розпорювання, просіювання, нанесення, укладання, встановлення	Тинкувальні роботи	
		Рух по направляючим (трубам, каткам і т.п.)	Простий	Те ж саме		
			Складний	"		
		З'єднання -роз'єднання	Комбінований рух	Закручування, відкручування, пригвинчування (захоплення), від'єднання, зв'язування, розв'язування, виплювання, стикування, розстикування, вставлення, виймання	Монтаж єдинтових паль теплиці	
2	Рівновага	Спокій	-	Фіксація, утримання	Вивірка та тимчасове кріплення стішок-колон теплиці	
3	Механічні деформації	Зміна форми предмету праці:		Заглиблення	Вдавлення мікропальових фундаментів теплиць	
		тиском	Статичне навантаження			осьовий тиск, вигин, зріз, зсув, завальний тиск (обтиск), сколювання
		розстягуванням	Те ж саме			розстягування, витягування, волочіння
		крученням	"			кручення
		ударом	Динамічне навантаження	змінання, клепка, кубання, дроблення, розбивання, рубка, розчленування, руйнування, забивання		
		відруванням	Те ж саме			
4	Механічні деформації	Зміна щільності матеріалу предмета праці (ущільнення);	Статичне навантаження	Укатка	Ущільнення зривту в теплиці	
		тиском	Динамічне навантаження	Трамбування, штампування		
		ударом	Те ж саме	Ущільнення, відрування		
		відруванням	"			
5	Механічна обробка	Зміна форми матеріалу предмета праці комбінованими методами	"	Копання, буріння, розпушування, свердління, загвинчування (з нарізанням), дроблення, різання, нарізання (різьба), накатка, дальнообання, стругання, втирання, розширення, рубка (обробка), штампування, точення, шліфування, затирання, полірування, очищення (поверхень), розв'язування (затирання), ліплення	Розробка ґрунту під цоколь-ростбек теплиці	

№ п/п	Принцип дії	Форма впливу	Вид способу	Способи дії	Область призначення
1	2	3	4	5	6
6	Теплова обробка	Зміна агрегатного стану	Підвищення температури	Відтавання, плавлення, зварювання, різання, розморожування	Зварювання металевих труб систем опалення теплиць
			Зниження температури	Заморожування, твердіння	
		Зміна структури матеріалу	Підвищення температури	Відпал, випалення, загартування	
			Зниження температури	Отпуск	
			Підвищення температури	Спикання, сплавлення	
Зміна температури	Підвищення температури	Нагрівання, обігрів, прогрівання	Монтаж пластмасових труб інженерних і технологічних систем теплиць		
	Зниження температури	Охолодження			
	Зниження температури	Загальний спуск			
7	Магнітна взаємодія	Електромагнетизм	-	Намагнічування. Розмагнічування. Примагнічування. Індукційне нагрівання (прогрів)	
8	Гідромеханічні процеси	Гідромеханізація	-	Розмив, підмив, переміщення	
		Гідростатичний тиск	-	Ущільнення	
9	Створення вакууму	Утворення різниці тисків	-	Вакуумування, розрідження повітря (газу), захоплення	Монтаж і пуско-налагодження систем подачі CO2 в теплиці

вих окремо (рис. 4, д, е і 4, ж з) або одночасно (рис. 4, і, к) формально не змінюють способів впливу, хоча по суті їх поділяють.

Спосіб впливу є найменшим елементом моделей будівельних процесів, що володіють усіма ознаками технологічної системи. Тобто тут присутні всі технологічні складові - техніка (робочі органи), організація (програмована послідовність робочих рухів і трудових дій), економіка (реальний матеріальний результат впливу на предмет праці, - нова властивість) [8]. Тому кожен окремий спосіб впливу можна розглядати як вихідний технологічний модуль. Вся сукупність способів впливу утворює модульну базу, з елементів якої формуються складні технологічні системи вищих ієрархічних рівней технологій будівельного виробництва [9].

Первинною технологічною системою, що створюється на основі способу впливу, є робоча операція. Робоча операція - це форма реалізації способу впливу в виробничій діяльності, яка визначається статичною і динамічною структурою. Статична структура утворюється складовими, порядком їх взаємодії та результатом реалізації робочої операції (рис.5) Динамічна структура характеризує порядок здійснення впливів, які складають її основу, в часі. [9]. Отримання запрограмованої для робочої операції нової якості може досягатися одноразовим впливом знаряддя праці на одиничний предмет праці (наприклад, підйом монтажного елемента, складової оцинкованого металевого каркасу теплиці на проектну позначку) або багаторазовим повтором однакових впливів (наприклад, з'єднання елементів металевого каркасу теплиці за допомогою гвинта, шайби та гайки). Динаміка робочої операції визначається

також характером впливу робочого органа і предмета праці, - циклічним або безперервним [9].

Нові властивості, які отримані предметом праці, можуть бути технологічними або споживчими. Всяка нова властивість є споживчою, так як служить проміжним результатом у технологічному ланцюзі перетворення предмета праці в кінцеву будівельну продукцію. Однак, деякі властивості предмета праці необхідні як умова ТГФР. Тобто, є елементами будівельної готовності. Вони можуть бути «поглинуті» після перетворення предмета праці і не знаходять явного виходу в закінченій або кінцевій будівельній продукції. Наприклад, нанесення тинькувального розчину на поверхню є необхідною умовою для виконання наступних робочих операцій зі створення штукатурки, але ще не забезпечує необхідну якість закінченої продукції. Такі властивості і визначаються як технологічні. Навпаки, властивості, що отримані в результаті виконання робочих операцій і безпосередньо утворюють якість закінченої продукції, класифікуються як споживчі. Наприклад, монтаж подвійної плівки з турбонадувом та елементів полікарбонату при будівництві теплиці забезпечує предмету праці нову якість закінченої будівельної продукції - огорожу зимової блокової теплиці [10].

**Висновки.**

1. Технологія зведення будівель і споруд є універсальною множиною, яка описується великою кількістю будівельних технологій. Вони складаються із системи знань про організацію праці, структуру, методи і способи виконання будівельних процесів, механізацію і якість робіт.

2. Багатофункціональні технологічні системи

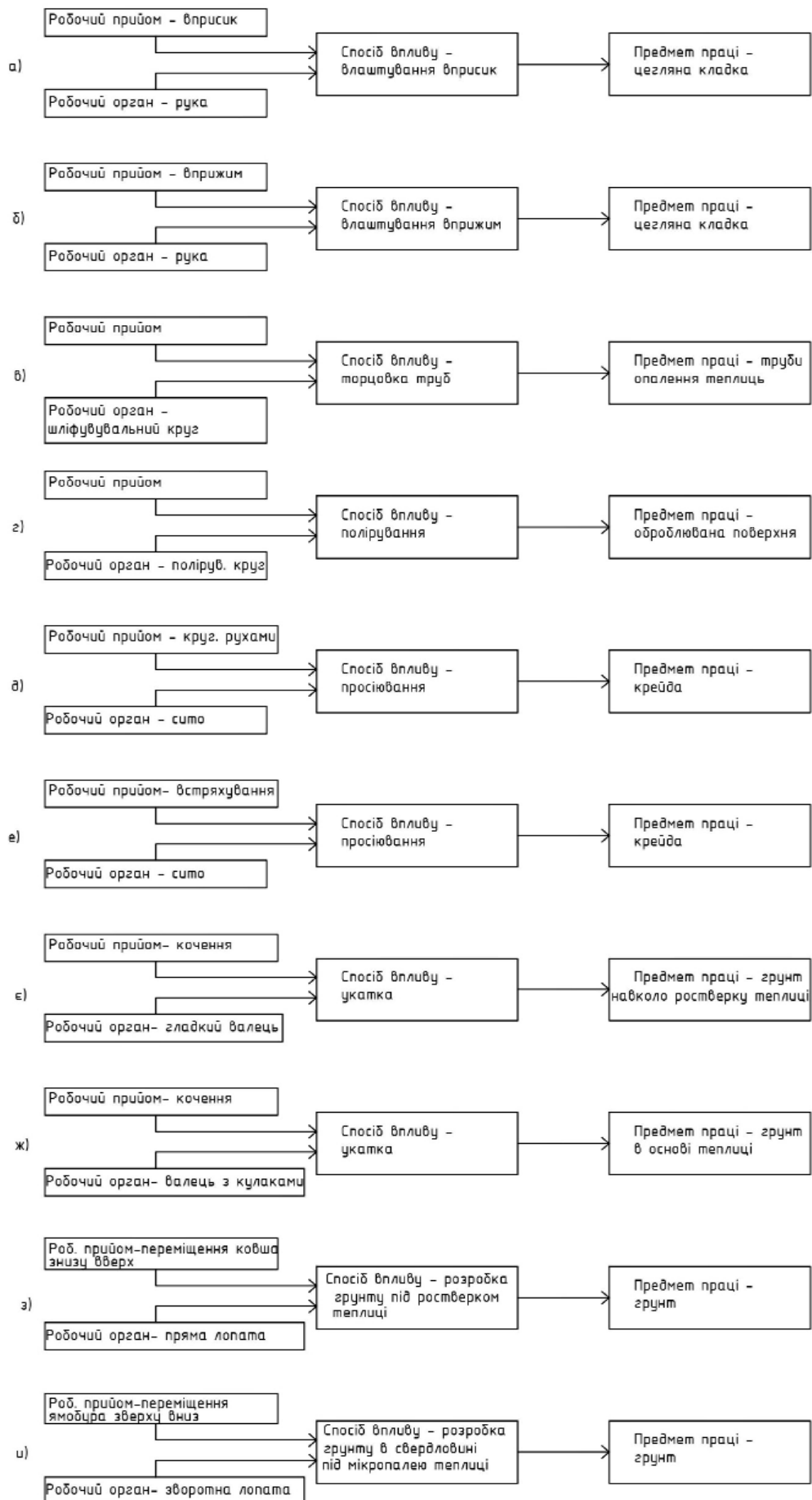


Рис. 4. Можливі варіанти реалізації способів впливу

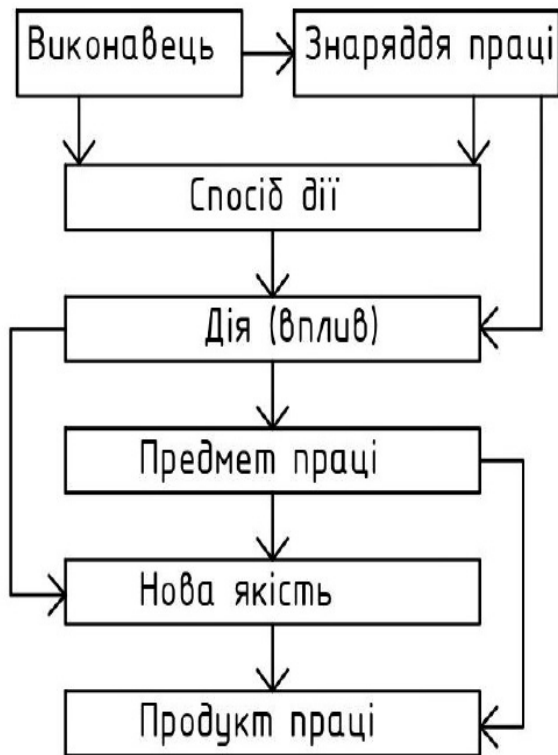


Рис. 5. Структура робочої операції

мають результатом формування кінцевий корисний результат, що забезпечується взаємодією та взаємним впливом його учасників

3. Використання універсальних можливостей

будівельних та дорожніх машин за рахунок оснащення їх додатковими змінними робочими органами забезпечує ефективну роботу багатofункціональних технологічних систем.

**Література**

1. *Методологія вивчення будівельних технологій: навч. посібник / Г.М. Тонкачев, Л.А. Лепська, С.П. Шарпа. – К.: КНУБА, 2019. – 214 с.*
2. *Тонкачев Г.М. Функціонально-модульна система формування комплектів будівельної оснастки: автореф. дис.... д-ра техн. наук: 05.23.08/ Геннадій Миколайович Тонкачев. – К.: КНУБА, 2012. – 37с.*
3. *Технологія монтажу будівельних конструкцій: навч. посібник / В.К. Черненко, О.Ф. Осипов, Г.М. Тонкачев та інш.. 2-ге вид. Київ: Горобець, 2011. 371с.*
4. *Савйовський В.В. Реконструкція будівель і споруд :навч.посіб. – К.:Ліра-К, 2018. – 320 с.*
5. *Комплексная механизация трудоемких работ в строительстве / Н. С. Каныока, А. В. Резуник, А. А. Новацкий- К.: Будівельник, 1981.- 232 с.*
6. *Осипов О.Ф. Система обгрунтування та вибору організаційно-технологічних рішень реконструкції будівель: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.23.08 / Олександр Федорович Осипов. – Одеса, 2015, 49с.*
7. *Молодід О.С. Система формування конструктивно-технологічних рішень відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій: автореф. дис. ... д. т. н. : 05.23.08 - / Олександр Станіславович Молодід ; К.: КНУБА., – 2021, - 38С.*
8. *Фролов А.В. Обеспечение технологической готовности фронта работ строительных процессов. Дисс.....канд.техн.наук : 05.23.08 / Алексей Викторович Фролов; К.:КИСИ,-1988.- 17с*
9. *Чебанов Л.С., Фролов А.В. Универсальное применение машин в строительстве. – К.: Будівельник, 1994. – 288с.*
10. *Чебанов Т.Л. Технологія зведення швидко-збірних та розбірних плівкових теплиць – автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.23.08 / Тарас Леонідович Чебанов. – Київ, КНУБА, 2020, – 21с.*

**References**

1. *Metodologiya vivchennya budivelnih tehnologij: navch. posibnik / G.M. Tonkacheyev, L.A. Lepska, S.P. Sharapa. – K.: KNUBA, 2019. – 214 s.*
2. *Tonkacheyev G.M. Funkcionalno-modulna sistema formuvannya komplektiv budivelnoyi osnastki: avtoref. dis.... d-ra tehn. nauk: 05.23.08/ Gennadij Mikolajovich Tonkacheyev. – K.: KNUBA, 2012. – 37s.*
3. *Tehnologiya montazhu budivelnih konstrukcij: navch. posibnik / V.K. Chernenko, O.F. Osipov, G.M. Tonkacheyev ta insh. - Kiyiv: Gorobec, 2011. 371s.*
4. *Savjovskij V.V.Rekonstrukciya budivel i sporud – K.:Lira-K, 2018. – 320 s.*
5. *Kompleksnaya mehanizaciya trudoemkih rabot v stroitelstve / N. S. Kanyuka, A. V. Rezunik, A. A. Novackij- K.: Budivelnik, 1981.- 232 s.*

6. Osipov O.F. *Sistema obgruntuvannya ta viboru organizacijno-tehnologichnih rishen rekonstrukciji budivel: avtoref. dis. d-ra tehn. nauk: 05.23.08 / Oleksandr Fedorovich Osipov. – Odesa, 2015, 49s.*
7. Molodid O.S. *Sistema formuvannya konstruktivno-tehnologichnih rishen vidnovlennya ekspluatacijnoyi pridatnosti budivelnih konstrukcij: avtoref. dis. ... d. t. n. : 05.23.08 - / Oleksandr Stanislavovich Molodid ; K.: KNUBA., – 2021, - 38S.*
8. Frolov A.V. *Obespechenie tehnologicheskoy gotovnosti fronta rabot stroitelnyh processov. Diss.....kand.tehn.nauk : 05.23.08 / Aleksej Viktorovich Frolov; K.:KISI,-1988.- 17s*
9. Chebanov L.S., Frolov A.V. *Universalnoe primenenie mashin v stroitelstve. – K.: Budivelnik, 1994. – 288s.*
10. Chebanov T.L. *Tehnologiya zvedennya shvidko-zbirnih ta rozbirnih plivkovih teplic – avtoref. dis.... kand. tehn. nauk: 05.23.08 / Taras Leonidovich Chebanov. – Kyiv, KNUBA, 2020, – 21s.*

<sup>1</sup> **T. Chebanov**, Ph.D, assistant professor ORCID: 0000-0002-8814-971X;

<sup>2</sup> **O. Frolov**, Ph.D, assistant professor ORCID: 0000-0003-2115-2117;

<sup>3</sup> **L. Chebanov**, Ph.D, assistant professor ORCID: 0000-0003-2451-2337.

<sup>1,2,3</sup> Kyiv National University, whose construction and architecture, Kyiv

## TECHNOLOGICAL BASICS OF MULTIFUNCTIONAL BUILDING SYSTEMS

**Abstract.** *Theoretical principles and regularities are the basis of the development of technological systems in construction. The technology of building and construction is a universal set, which is described by a large number of construction technologies. The latter, in turn, consist of a system of knowledge about the organization of work, structure, methods and ways of performing construction processes, mechanization and quality of work. Production building systems, as a class of functional systems, are created and designed to implement certain tasks, which can be specialized (one task) or multifunctional (several tasks). Multifunctional technological systems are considered in the theories of research operations for the implementation of production building systems of various levels and purposes, as well as system engineering, decision-making methods and optimization.*

*The result of the formation of such systems is the final useful result, which is achieved through interaction and, accordingly, the mutual influence of its participants. Complex systems divide subsystems in order to optimize their elements by formalizing design procedures and create a method for designing multifunctional systems. The system in the form of a construction process has its own structure with a corresponding hierarchy - subordination of its elements with a multi-level structure. The complexity of construction processes determines the level of its structure.*

*Implementation of technological systems through various transformations of labor objects into labor products. The change in the properties of the transformation object takes place in technological processes by the implementation of relevant subprocesses and operations.*

*A flexible approach to the design of multifunctional technological systems is possible when using the universal capabilities of construction and road machines by equipping them with additional interchangeable working bodies*

**Keywords:** *multifunctional systems; construction technologies; construction process; work operations; construction machines; system of transformations in construction*