

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2023, Том 15, № 2 / 2023, Vol. 15, Iss. 2 <https://esj.today/issue-2-2023.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/59SAVN223.pdf>

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Гайдуков, П. В. Разработка методики оценки комплексной технологичности несъемной опалубки перекрытий в различных условиях строительства / П. В. Гайдуков, Е. М. Пугач // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № 2. — URL: <https://esj.today/PDF/59SAVN223.pdf>

**For citation:**

Gaidukov P.V., Pugach E.M. Features of the use of stay in place floor formwork. *The Eurasian Scientific Journal*. 2023; 15(2): 59SAVN223. Available at: <https://esj.today/PDF/59SAVN223.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

**Гайдуков Павел Владимирович**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,  
Москва, Россия  
Преподаватель  
E-mail: [Gaidukov.p.v@yandex.ru](mailto:Gaidukov.p.v@yandex.ru)  
РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=951399](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=951399)

**Пугач Евгений Михайлович**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,  
Москва, Россия  
Доцент  
Кандидат технических наук  
E-mail: [Tsp-tvz@mail.ru](mailto:Tsp-tvz@mail.ru)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2832-1941>  
РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=416367](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=416367)

## Разработка методики оценки комплексной технологичности несъемной опалубки перекрытий в различных условиях строительства

**Аннотация.** В статье приведены исследования в области оценки технологичности несъемной опалубки перекрытий. Проведенные путем анализа существующих систем несъемной опалубки и особенностей их применения исследования позволили определить структуру комплексной технологичности, ее основные факторы и выполнить их экспертное ранжирование для различных условий строительства. Главным вопросом оценки комплексных показателей является совместная оценка качественной и количественной информации частных факторов с последующим учетом их веса в структуре комплексного оценочного показателя. Оценку каждого фактора технологичности предлагается производить по основным присущим ему качественному или количественному показателю. Для этой цели к использованию рекомендован метод определительных таблиц расчета частных коэффициентов технологичности каждого из рассматриваемых факторов. Суть метода заключается в анализе качественных и количественных характеристик каждого фактора технологичности в безразмерной форме от 0 до 1. Данный подход позволяет производить численное сравнение различных величин исключая необходимость в сопоставлении единиц измерения. Для выбора способа оценки и расчета частных коэффициентов технологичности произведен анализ основных зависимых характеристик для каждого фактора использования конструкции несъемной опалубки и составлены специальные определительные таблицы. Для оценки количественных факторов были рассмотрены существующие технологии-аналоги. В качестве примера в статье рассмотрена технология устройства несъемной опалубки из

профилированного настила для возведения перекрытия в новом малоэтажном здании. Опираясь на разработанные определительные таблицы и зависимости, становится возможным расчет коэффициента комплексной технологичности для любой системы несъемной опалубки перекрытий.

**Ключевые слова:** несъемная опалубка перекрытий; комплексная технологичность несъемной опалубки перекрытий; оценка технологичности; фактор технологичности; методика оценки технологичности

## Введение

Проведенные ранее исследования в области технологичности несъемной опалубки [1] позволили определить ее структуру в виде четырех групп транспортной, монтажной, производственной и эксплуатационной технологичности, выявить путем анализа существующих систем несъемной опалубки и особенностей их применения основные факторы технологичности и провести их экспертное ранжирование для различных условий строительства [2]. На основании полученных данных появилась возможность разработки методики оценки комплексной технологичности несъемной опалубки перекрытий в различных условиях строительства. Целями разработки методики оценки комплексной технологичности являются:

- Упрощение процесса вариантного проектирования.
- Получение на этапе проектирования укрупненных технико-экономических показателей для различных систем несъемной опалубки.

## Методологическая основа

Сравнительный анализ различных технологий несъемных опалубок перекрытий для проведения предварительного вариантного проектирования неправомерен без оценки каждого фактора применительно к определенным условиям строительной площадки. Анализ факторов технологичности выявил следующие их зависимости от внешних условий:

- Зависимость от конструкции опалубки. Данный тип зависимости описывает влияние размера, массы, технологии устройства опалубки на оценку фактора технологичности.
- Зависимость от условий строительной площадки. Данный тип зависимости описывает влияние строительной площадки на оценку фактора технологичности применительно к рассматриваемой системе несъемной опалубки.

Опираясь на полученные зависимости, факторы технологичности можно разделить на две группы:

- Группа 1. Факторы, зависящие от конструкции опалубки:  $f_5$  — квалификация и состав звена;  $f_6$  — тип арматурных работ;  $f_7$  — особенности монтажа опалубки;  $f_9$  — укладка бетонной смеси;  $f_{10}$  — масса  $1 \text{ м}^2$  возводимого перекрытия;  $f_{11}$  — тип последующих отделочных работ;  $f_{12}$  — место производства опалубки;  $f_{13}$  — количество элементов опалубки;  $f_{14}$  — потребность в исходных компонентах.
- Группа 2. Факторы, зависящие от условий строительной площадки:  $f_1$  — мобильность вертикального транспорта;  $f_2$  — радиус действия вертикального транспорта;  $f_3$  — необходимый размер грузового отсека автомобиля доставщика;  $f_4$  — маневровые характеристики автомобиля доставщика;  $f_8$  — подача бетонной смеси.

Для проведения оценки каждого фактора технологичности, необходимо найти качественный или количественный критерий оценки, опирающийся либо на особенности конструкции опалубки (для факторов первой группы), либо на сведения об объекте строительства (для факторов второй группы). Совокупная же оценка технологии по первой и второй группе факторов с учетом их веса является комплексной оценкой технологичности несъемной опалубки перекрытий в рамках рассматриваемого объекта строительства.

Главным вопросом оценки комплексных показателей является совместная оценка качественной и количественной информации частных факторов с последующим учетом их веса в структуре комплексного оценочного показателя. Анализ современной области знаний показал, что подобной методики для оценки комплексной технологичности несъемной опалубки перекрытий не существует.

Для разработки методики оценки комплексной технологичности несъемной опалубки предлагается применение подходов предложенных Гмошинским В.Г. в рамках теории инженерного прогнозирования развития технологий строительного производства [3]. Даная методика позволяет выполнить оценку значимости качественных и количественных показателей с применением определительных таблиц (ОТ). На основании выставляемых оценок рассчитывается коэффициент полноты, изменяющийся в пределах от 0.2 до 1. По предлагаемой шкале оценки чем ближе коэффициент полноты к 1, тем больше потенциальный уровень внедрения технического решения.

Разработанная для оценки перспективности патентов методика Гмошинского В.Г. не позволяет учитывать в анализе изменяющиеся внешние условия строительной площадки, что требует разработки уникальной методики, позволяющей вычислить коэффициент технологичности несъемной опалубки перекрытий исходя из особенностей применения несъемной опалубки в условиях конкретного строительного объекта.

Для решения поставленной задачи применительно к определению комплексной технологичности несъемной опалубки необходимо произвести ранжирование факторов путем экспертного опроса, что даст возможность определить вес факторов технологичности [2]. Результатом экспертного опроса является вес фактора  $\lambda_i$ , определяющийся отношением суммы оценок экспертов по данному фактору  $a_i$  к сумме оценок экспертов для всех факторов (формула 1).

$$\lambda_i = \frac{\sum a_i}{\sum_1^{14} a} \quad (1)$$

**Формула 1.** Расчет веса фактора:  $a_i$  — ранги экспертов для оцениваемого фактора

Данный способ определения веса фактора позволяет произвести ранжирование факторов и учесть неравномерное распределение их веса в виде дробного значения  $\lambda_i$ . Имея полученные значения веса факторов необходимо произвести анализ технологии несъемной опалубки по каждому фактору технологичности для составления комплексной оценки технологичности. Оценку каждого фактора технологичности необходимо производить по основным присущим ему качественному или количественному показателю. Для этой цели предлагается использовать метод определительных таблиц для подсчета частных коэффициентов технологичности каждого из рассматриваемых факторов. Суть метода заключается в анализе качественных и количественных характеристик каждого фактора технологичности в безразмерной форме от 0 до 1. В строки определительной таблицы в порядке убывания значимости записываются основные значения характеристики, где лучшему показателю присваивается максимальный балл, а худшему минимальный.

Минимальный бал при этом равен 1, а максимальный — числу рассмотренных вариантов характеристик. В процессе анализа инженером-технологом на основе описанных в определительных таблицах характеристик производится сопоставление рассматриваемой технологии с характеристиками в таблице и в соответствии с подходящими параметрами присваивается определенный бал  $J_p$ . Расчет частного коэффициента технологичности для  $i$ -го фактора производится по формуле 2 [4]:

$$K_{fi} = \frac{J_{(i)p}}{J_{(i)max}} \quad (2)$$

**Формула 2.** Расчет частного коэффициента технологичности  $K_{f(i)}$ :  $J_{(i)p}$  — присвоенный бал;  $J_{(i)max}$  — максимальный бал в определительной таблице для данной характеристики

Применение частного коэффициента технологичности  $K_{f(i)}$  позволяет перевести как качественную, так и количественную информацию в безразмерный коэффициент, основанный на отношении анализируемого значения к лучшему достижимому. Данный подход позволяет производить численное сравнение различных величин исключая необходимость в сопоставлении единиц измерения.

После подсчета частных коэффициентов для всех факторов технологичности представляется возможность произвести расчет комплексного коэффициента технологичности  $K_T$  несъемной опалубки перекрытий. С учетом полученных расчетных значений веса факторов  $\lambda_i$  и частных коэффициентов  $K_{f(i)}$  комплексный коэффициент технологичности можно определить в виде отношения (формула 3.1).

Так как  $K_{fmax}$  для каждого частного коэффициента технологичности = 1, и сумма весов  $\lambda_i = 1$  то знаменатель формулы 3.1 = 1. С учетом проведенных преобразований расчет коэффициента технологичности можно выразить формулой 3.2.

$$K_m = \frac{n \sum_{i=1}^{i=n} \lambda_i \times K_{f(i)}}{n \sum_{i=1}^{i=n} \lambda_i \times K_{f(i)max}} \quad (3.1)$$

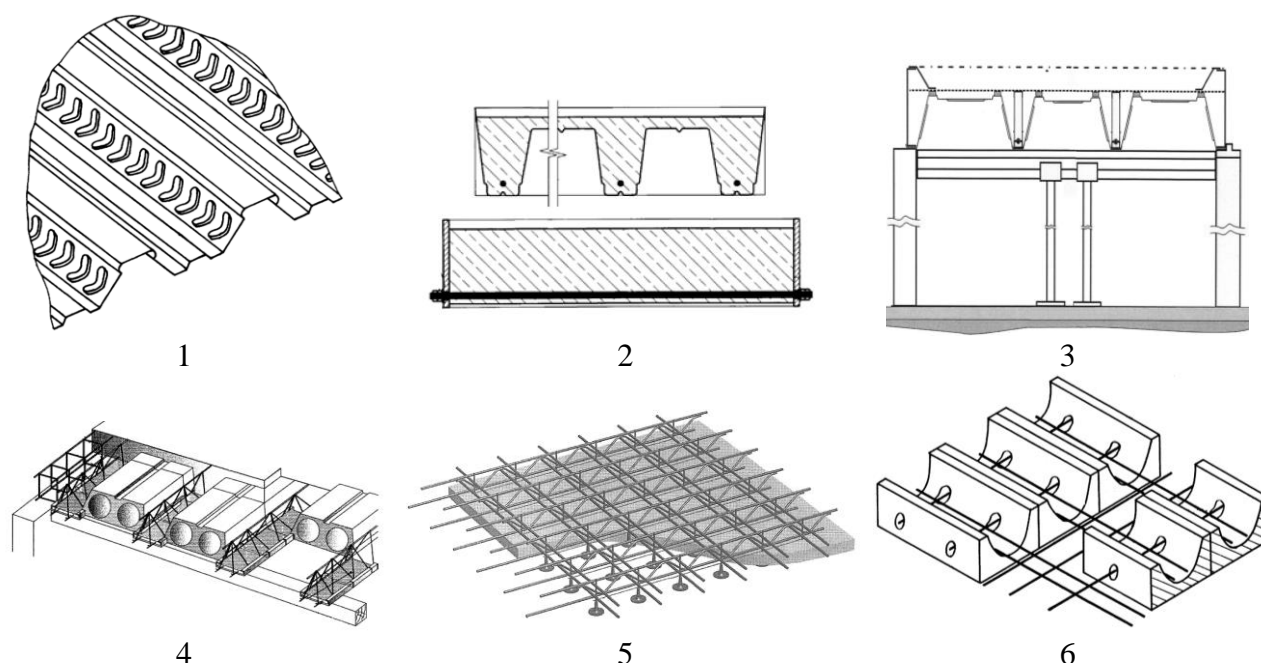
$$K_m = n \sum_{i=1}^{i=n} \lambda_i \times K_{f(i)} \quad (3.2)$$

**Формула 3.** Расчет коэффициента технологичности несъемной опалубки

### Расчет частных коэффициентов технологичности

Для выбора способа оценки и расчета частных коэффициентов технологичности необходимо произвести анализ основных зависимых характеристик для каждого фактора и составить определительные таблицы. Для оценки количественных факторов были рассмотрены существующие технологии-аналоги. При построении определительных таблиц, для факторов  $f_6, f_7, f_9$  производился подсчет необходимых показателей в абсолютных численных значениях, в зависимости от которых присваивался тот или иной бал.

На основании численных значений показателей и выставленных в таблицах баллах строились зависимости балла от рассматриваемого изменяемого параметра. В выборку технологий аналогов вошли две конструкции несъемной опалубки из профилированного настила, две конструкции несъемной опалубки из стали и легкого бетона для ребристых плит перекрытий, подвесная и блочная несъемная опалубка из газобетона и арматурных стержней.



**Рисунок 1.** Несъемная опалубка перекрытий: № 1 Гордилов О.Г. «Несъемная панельная опалубка монолитного перекрытия», № 2 Шестопалов Е.Г. «Монолитное перекрытие», № 3 Анпилов С.М. Несъемная опалубка, № 4 Балочное сборно-монолитное перекрытие № 5 Павлов В.В. Подвесная несъемная опалубка, № 6 Рахманов В.А. Сборно-монолитное перекрытие

В качестве примера в описываемых ниже определительных таблицах будет рассмотрена технология несъемной опалубки из профилированного настила для устройства перекрытия размером 4×8 м в новом малоэтажном здании, возводимом в условиях свободной строительной площадки.

*Мобильность вертикального транспорта (f1).*

Данный фактор транспортной технологичности описывает вертикальный транспорт, необходимый для подачи и монтажа комплекта или элементов несъемной опалубки перекрытий. Для подачи конструкций опалубки можно применять ручной подъем и различные типы грузоподъемных механизмов. Основным вариантом работы в стесненных условиях является использование самоходных стреловых кранов, однако возможно применение и других типов вертикального транспорта [5].

**Таблица 1**

**Определительная таблица фактора f1**

Код	Название характеристик	Оценка	
		Базовая J	Расчетная J <sub>p</sub>
<i>f1</i>	<b>Мобильность вертикального транспорта</b>		
<i>f1.1</i>	Возможность ручного подъема и монтажа комплекта опалубки $m_{эл} < 30$ кг	5	
<i>f1.2</i>	Необходимость применения средств малой механизации (тельфер, кран в окно) для подъема комплекта на монтажный горизонт (до 1 т)	4	
<i>f1.3</i>	Необходимость установки мачтового строительного подъемника (до 2 т)	3	
<i>f1.4</i>	Необходимость применения кранового оборудования и выносных площадок для подачи комплекта опалубки	2	2
<i>f1.5</i>	Необходимость применения кранового оборудования для монтажа комплекта опалубки	1	
Возможный максимум оценки J <sub>max</sub>			5
Оценка J <sub>p</sub>			2
Коэффициент технологичности по фактору f1 $Kf_1 = J_p/J_{max}$			0.4



Ввиду прямой зависимости габаритов подъемной техники относительно ее грузоподъемности технологичность конструкции по данному фактору определяют исходя из необходимой грузоподъемности вертикального транспорта для подачи и монтажа конструкции (табл. 1), где наивысший бал соответствует наименее грузоподъемному способу подачи материалов. В случае опалубки из профилированного настила подъем и монтаж листов палубы в силу их размера (4×1 м) на уровень выше первого этажа возможен только с применением средств малой механизации.

*Радиус действия вертикального транспорта (f2).*

Радиус действия вертикального транспорта так же описывает необходимый вертикальный транспорт, однако данный фактор зависит от типа объекта строительства. В зависимости от особенностей здания и типа строительства (новое/реконструкция) возможность применения подъемного оборудования может быть ограничена. Так в условиях реконструкции здания доступ к реконструируемому перекрытию может быть ограничен конструкциями вышележащего этажа, что не позволит осуществлять подачу и/или монтаж конструкций опалубки стреловыми или башенными кранами. На этом основании предпочтение будут отдавать опалубочным системам, подъем которых возможен либо по внутренним коммуникациям здания, либо с применением средств малой механизации.

**Таблица 2**

**Определительная таблица фактора f2**

Код	Название характеристик	Оценка	
		Базовая J	Расчетная J <sub>p</sub>
<i>f2</i>	<b>Радиус действия вертикального транспорта</b>		
<i>f2.1</i>	Ручной подъем по внутренним коммуникациям	4	
<i>f2.2</i>	Кран в окно/приставной подъемник	3	
<i>f2.3</i>	Колесный кран	2	2
<i>f2.4</i>	Башенный кран	1	
Возможный максимум оценки J <sub>max</sub>			4
Оценка J <sub>p</sub>			3
Коэффициент технологичности по фактору f2 Kf <sub>2</sub> = J <sub>p</sub> /J <sub>max</sub>			0.5

*Необходимый размер грузового отсека автомобиля доставщика (f3).*

Размер кузова автомобиля доставщика для перевозки соответствует наибольшему по длине и массе элементу несъемной опалубки перекрытия. В качестве вариантов для оценки характеристик предлагается четыре типа автотранспорта с различными размерами грузовых отсеков. Следует отметить, что при выставлении расчетной оценки необходимо ориентироваться на габаритные характеристики самого большого элемента из комплекта несъемной опалубки (включая арматурные стержни при необходимости их применения).

**Таблица 3**

**Определительная таблица фактора f3**

Код	Название характеристик	Оценка	
		Базовая J	Расчетная J <sub>p</sub>
<i>f3</i>	<b>Необходимый размер грузового отсека автомобиля доставщика</b>		
<i>f3.1</i>	Фургон 4 метров	4	
<i>f3.2</i>	Бортовой 6 метров	3	3
<i>f3.3</i>	Бортовой 8 метров	2	
<i>f3.4</i>	Седелный тягач 12 метров	1	
Возможный максимум оценки J <sub>max</sub>			4
Оценка J <sub>p</sub>			3
Коэффициент технологичности по фактору f3 Kf <sub>3</sub> = J <sub>p</sub> /J <sub>max</sub>			0.75

Как известно [6] применение более грузоподъемных транспортных средств сопровождается увеличением выработки на единицу техники, однако применение несъемной опалубки при производстве работ в стесненных условиях заставляет ориентироваться. При оценке данного фактора максимальный бал присваивают самому компактному типу транспортного средства из представленных. В случае с профилированным настилом элементом с максимальной длиной является арматурный стержень верхней сетки армирования.

*Маневровые характеристики автомобиля доставщика (f4).*

Данный фактор так же рассматривает размер грузового автомобиля, но со стороны его возможности перемещаться при производстве работ в стесненных условиях существующей городской застройки. Балы в определительной таблице присваивают согласно графикам вписываемости строительного транспорта в прямоугольный проезд [7].

Таблица 4

**Определительная таблица фактора f4**

Код	Название характеристик	Оценка	
		Базовая J	Расчетная J <sub>p</sub>
<i>f4</i>	<b>Маневровые характеристика автомобиля доставщика</b>		
<i>f4.1</i>	Фургон 4 метра	4	
<i>f4.2</i>	Бортовой 6 метров	3	3
<i>f4.3</i>	Бортовой 8 метров	2	
<i>F4.4</i>	Седельный тягач 12 метров	1	
Возможный максимум оценки J <sub>max</sub>			4
Оценка J <sub>p</sub>			3
Коэффициент технологичности по фактору f4 $Kf_4 = J_p/J_{max}$			0.75

*Квалификация и состав звена (f5).*

Для оценки данного фактора в определительной таблице приведены различные составы звеньев, занятых на устройстве перекрытия в несъемной опалубке. В зависимости от профессии и квалификации необходимых для производства работ рабочих, с учетом тарифной ставки, в определительной таблице выставляют баллы.

Таблица 5

**Определительная таблица фактора f4**

Код	Название характеристик	Оценка	
		Базовая J	Расчетная J <sub>p</sub>
<i>f5</i>	<b>Квалификация и состав звена</b>		
<i>F5.1</i>	Монтажники 3р	6	
<i>f5.2</i>	Монтажники 3р + Арматурщики 3р	5	
<i>f5.3</i>	Монтажники 3р + Сварщики 3р	4	4
<i>f5.4</i>	Монтажники 3р + Плотники 3р + Арматурщики 3р	3	
<i>f5.5</i>	Монтажники 3р + Плотники 3р + Сварщики 3р	2	
<i>f5.6</i>	Монтажники 3р + Плотники 3р + Сварщики 3р + Арматурщики 3р	1	
Возможный максимум оценки J <sub>max</sub>			6
Оценка J <sub>p</sub>			4
Коэффициент технологичности по фактору f5 $Kf_5 = J_p/J_{max}$			0.66

*Тип арматурных работ f(6).*

При анализе типов арматурных работ были рассмотрены описанные выше технологии аналоги. На основе типов арматурных работ характерных устройству перекрытий в несъемной опалубке были определены затраты труда для 50 м<sup>2</sup> конструкции. В таблице 6 представлен перечень рассматриваемых арматурных работ технологий аналогов.

Таблица 6

Типы арматурных работ технологий аналогов

Код	Название характеристик	Нвр	Обоснование
<i>f6</i>	Тип арматурных работ		
<i>f6.1</i>	Верхняя и нижняя сетка отдельными стержнями	16 чел.-ч / 1 т	§ Е4-1-46
<i>f6.2</i>	Отдельными стержнями одной сетки	13.5 чел.-ч / 1 т	§ Е4-1-46
<i>f6.3</i>	Локально отдельными стержнями	13.5 чел.-ч / 1 т	§ Е4-1-46
<i>f6.4</i>	Сетками заводского изготовления	6.4 чел.-ч / 1 т	§ Е4-1-44 т. 2
<i>f6.5</i>	Готовыми арматурными каркасами	0,24 чел.-ч / 1 шт.	§ Е4-1-45

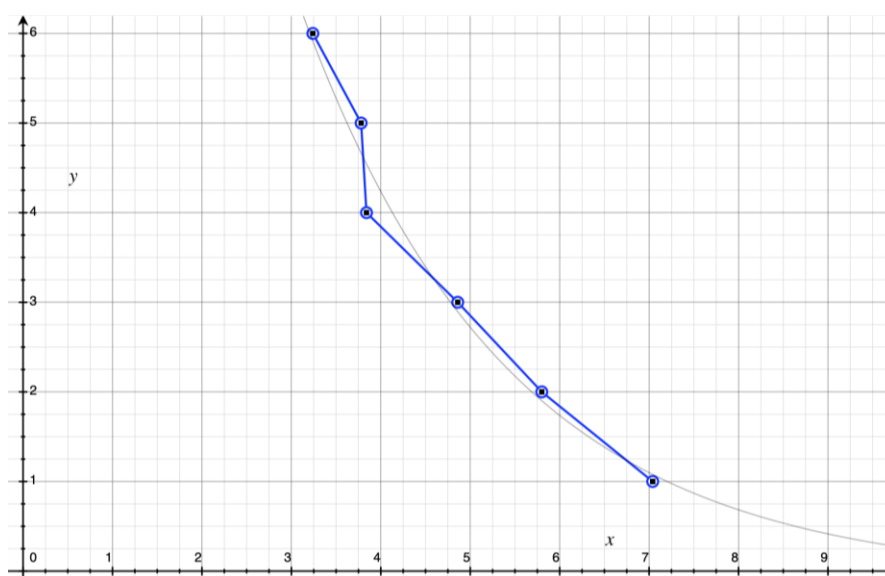
При определении затрат труда на выполнение арматурных работ было принято звено, состоящее из 2-х арматурщиков 3-го разряда. Затраты труда на устройство арматурного каркаса конструкций аналогов представлены в таблице 7.

Таблица 7

Затраты труда на арматурные работы для технологий аналогов.

Номер	Аналог	Тип арматурных работ	Расход арматуры, т	Затраты труда, чел.-ч.	Базовая оценка J
1	Виноходов О.А. Монолитное перекрытие	<i>f6.2</i>	0.24	3.24	6
2	Шестопалов Е.Г. Несъемная опалубка с предварительным напряжением арматуры	<i>f6.2</i>	0.28	3.78	5
3	Анпилов С.М. Несъемная опалубка	<i>f6.3</i>	0.43	5.80	2
4	Опалубка Марко	<i>f6.4, f6.3</i>	0.24	4.86	3
5	Павлов В.В. Подвесная несъемная опалубка	<i>f6.1</i>	0.44	7.04	1
6	Рахманов В.А. Сборно-монолитное перекрытие	<i>f6.1</i>	0.24	4.14	4
	$y = 24,297e^{(-0,4318x)} - 0,083$				

При первичном анализе данного фактора наборам технологических операций по армированию плиты перекрытия в рассмотренных несъёмных опалубках были присвоены баллы от 1 до 6, где 6 — набор технологических операций с минимальными затратами труда. Для более точного ранжирования характеристики фактора технологичности, с учетом неравномерности распределения полученных значений, с целью получения зависимости выставленного балла от численного значения затрат труда была проведена интерполяция данных (рис. 2).



Ось y — расчётная оценка  $J_p$ ; ось x — трудозатраты в чел.-ч.

Рисунок 2. Интерполяция зависимости оценки от трудозатрат



Результатом интерполяции является функция  $y = 24,297e^{(-0,4318x)} - 0,083$  на интервале значений [1:6], где  $y$  — расчетная оценка  $J_p$ , а  $x$  — расчетное значение трудозатрат оцениваемой несъемной опалубки. При получении значения  $y$  (бала), не принадлежащего указанному интервалу, за расчетное значение следует принимать ближайшее граничное условие. Расчет коэффициента технологичности производят аналогично предыдущим определительным таблицам по формуле 2. Для рассматриваемой в качестве примера технологии несъемной опалубки значение  $J_p$  соответствует 6 баллам (табл. 7 аналог 1).

*Особенности устройства опалубки (f7).*

Данный фактор описывает необходимые технологические операции для устройства перекрытия в несъемной опалубке. Рассматриваемые операции можно разделить на работы подготовительного этапа и монтаж опалубки. Арматурные работы и бетонные работы являются отдельными факторами технологичности и рассматриваются отдельно.

Принцип оценки данных факторов аналогичен рассмотренному выше способу оценки арматурных работ и заключается в анализе присущих технологиям аналогам операций и определении трудозатрат. На основании имеющихся технологий были выявлены основные технологические операции присущие возведению перекрытий в несъемной опалубке (табл. 8).

**Таблица 8**

**Основные технологические операции по монтажу несъемной опалубки**

№	Наименование операций	Нвр, чел.-ч	Обоснование
1	<b>Подготовительные работы</b>		
1.1	Разгрузка материалов манипулятором/автокраном	0.16 чел.-ч / 1 т	§ E1-4
1.2	Анкеровка арматуры	7.54 чел.-ч / 100 шт.	§ E4-1-33
1.3	Устройство опорного пояса и распределяющих стальных балок	18.25 чел.-ч / 1 т	ФЕР 09-03-002-13
1.5	Устройство штрабы по периметру	8.24 чел.-ч / 1 м <sup>3</sup>	ФЕР 46-04-001-04
1.6	Монтаж поддерживающих стоек/лесов	6 чел.-ч / 100 м	§ E4-1-33
2	<b>Монтаж опалубки</b>		
2.1	Монтаж профилированного настила	35.50 чел.-ч / 100 м <sup>2</sup>	ГЭСН 09-04-002-01
2.2	Сварка стальных пластин на торцах настила	3.20 чел.-ч / 10 м	§ E22-1-1
2.3	Натяжение арматуры	67.15 чел.-ч / 1 т	ГЭСН 30-02-033-01
2.4	Установка блоков	2.40 чел.-ч / 1 м <sup>3</sup>	ФЕР 29-02-037-07
2.5	Монтаж несъемной опалубки	627.84 чел.-ч / 100 м <sup>3</sup>	ФЕР 29-02-037-07

В таблицах 9–14 представлены расчёты трудозатрат для технологий аналогов.

**Таблица 9**

**Виноходов О.А. Монолитное перекрытие. Определение трудозатрат.**

№	Наименование	Ед. изм.	Объем	Нвр., чел.-ч	Обоснование	Затраты труда, чел.-ч
1	Разгрузка материалов манипулятором/автокраном	т	0,49	0,16	§ E1-4	0,08
2	Монтаж опорных стоек	100 м	0,54	6,00	§ E4-1-33	3,24
3	Устройство анкерного крепления для пояса	100 шт.	0,70	7,54	ФЕР 46-08-012-02	5,28
4	Монтаж опорного контура из швеллера h16П	т	0,24	19,07	ФЕР 09-03-002-13	4,65
5	Монтаж профилированного настила	100 м <sup>2</sup>	0,48	35,50	ГЭСН 09-04-002-01	17,04
6	Монтаж арматурных стержней	т	0,24	24,50	§ E4-1-46	5,95
Итого:						36,16

Таблица 10

**Шестопалов Е.Г. Несъемная опалубка с предварительным напряжением арматуры. Определение трудозатрат**

№	Наименование	Ед. изм.	Объем	Нвр., чел.-ч	Обоснование	Затраты труда, чел.-ч
1	Разгрузка материалов манипулятором/автокраном	т	1,44	0,16	§ Е1-4	0,23
2	Монтаж опорных стоек	100 м	0,54	6,00	§ Е4-1-33	3,24
3	Устройство анкерного крепления для пояса	100 шт.	0,70	7,54	ФЕР 46-08-012-02	5,28
4	Монтаж опорного контура из швеллера h16П	1 т	0,24	19,07	ФЕР 09-03-002-13	4,65
5	Монтаж профилированного настила	100 м <sup>2</sup>	0,48	35,50	ГЭСН 09-04-002-01	17,04
6	Сварка стальных пластин на торцах настила	10 м	1,20	3,20	§ Е22-1-1	3,84
7	Натяжение арматуры	т	0,28	67,15	ГЭСН 30-02-033-01	19,07
Итого:						53,12

Таблица 11

**Анпилов С.М. Несъемная опалубка. Определение трудозатрат**

№	Наименование	Ед. изм.	Объем	Нвр., чел.-ч	Обоснование	Затраты труда, чел.-ч
1	Разгрузка материалов манипулятором/автокраном	т	0,45	0,16	§ Е1-4	0,07
2	Устройство анкерного крепления для пояса	100 шт.	0,70	7,54	ФЕР 46-08-012-02	5,28
3	Монтаж опорного контура из швеллера h16П	т	0,24	19,07	ФЕР 09-03-002-13	4,65
4	Монтаж опорных стоек	м	54,00	6,00	§ Е4-1-33	3,24
6	Монтаж арматурных стержней	т	0,24	24,50	§ Е4-1-46	5,95
7	Монтаж несъемной опалубки	100 м <sup>3</sup>	0,29	627,84	ФЕР 29-02-037-07	1,82
Итого:						21,01

Таблица 12

**Балочное сборно-монолитное перекрытие. Определение трудозатрат**

№	Наименование	Ед. изм.	Объем	Нвр., чел.-ч	Обоснование	Затраты труда, чел.-ч
1	Разгрузка материалов манипулятором/автокраном	т	0,45	0,16	§ Е1-4	0,07
2	Устройство анкерного крепления	100 шт.	0,70	7,54	ФЕР 46-08-012-02	5,28
3	Монтаж опорных стоек	м	54,00	6,00	§ Е4-1-33	3,24
4	Монтаж несъемной опалубки	100 м <sup>3</sup>	5,76	627,84	ФЕР 29-02-037-07	36,16
Итого:						44,75

Таблица 13

**Павлов В.В. Подвесная несъемная опалубка. Определение трудозатрат**

№	Наименование	Ед. изм.	Объем	Нвр., чел.-ч	Обоснование	Затраты труда, чел.-ч
1	Разгрузка материалов манипулятором/автокраном	т	54,00	0,16	§ Е1-4	8,64
2	Устройство анкерного крепления	100 шт.	0,70	7,54	ФЕР 46-08-012-02	5,28
3	Резка арматуры ферм	100 шт.	54,00	3,10	§ Е4-1-33	3,24
4	Изготовление арматурных ферм	т	0,22	30,00	ФЕР 46-04-001-04	6,60
5	Монтаж несъемной опалубки	100 м <sup>3</sup>	5,76	627,84	ФЕР 29-02-037-07	36,16
Итого:						59,92

**Таблица 14**  
**Рахманов В.А. Сборно-монолитное перекрытие. Определение трудозатрат**

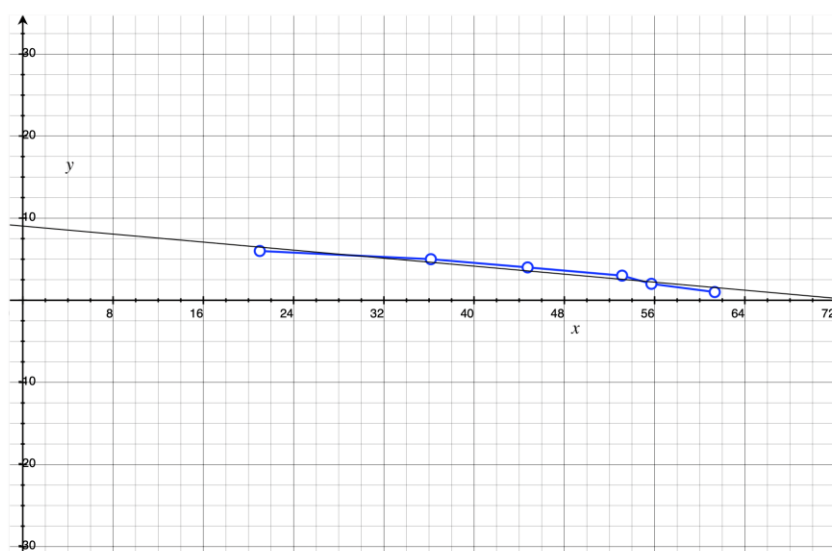
№	Наименование	Ед. изм.	Объем	Нвр., чел.-ч	Обоснование	Затраты труда, чел.-ч
1	Разгрузка материалов манипулятором/автокраном	т	4,22	0,16	§ Е1-4	0,68
2	Устройство анкерного крепления	100 шт.	0,70	7,54	ФЕР 46-08-012-02	5,28
3	Монтаж опалубки	м <sup>2</sup>	54,00	0,62	§ Е4-1-34	33,48
4	Устройство штрабы по периметру	м <sup>3</sup>	1,12	8,24	ФЕР 46-04-001-04	9,23
5	Установка блоков	м <sup>3</sup>	5,28	2,40	ФЕР 29-02-037-07	12,67
6	Монтаж арматурных стержней	т	0,24	24,50	§ Е4-1-46	5,95
Итого:						61,33

Так же, как и для фактора  $f_6$ , наборам технологических операций были присвоены баллы J представленные в таблицу 15.

**Таблица 15**  
**Оценка существующих технологий по фактору 7**

Номер	Аналог	Затраты труда, чел.-ч	Оценка J
1	Виноходов О.А. Монолитное перекрытие	36,16	5
2	Шестопапов Е.Г. Несъемная опалубка с предварительным напряжением арматуры	53,12	3
3	Анпилов С.М. Несъемная опалубка	21,01	6
4	Опалубка Марко	44,75	4
5	Павлов В.В. Подвесная несъемная опалубка	55,72	2
6	Рахманов В.А. Сборно-монолитное перекрытие	61,33	1
	$y = 9,033 - 0,122 \times x$		

При первичном анализе данного фактора наборам технологических операций по армированию плиты перекрытия в рассмотренных несъёмных опалубках были присвоены баллы от 1 до 6, где 6 — набор технологических операций с минимальными затратами труда. Для более точного ранжирования характеристики фактора технологичности, учитывая неравномерность распределения полученных значений, была проведена интерполяция данных с целью получения зависимости выставленного балла от численного значения трудозатрат (рис. 3).



Ось  $y$  — расчётная оценка  $J_r$ ; ось  $x$  — трудозатраты в чел.-ч.

**Рисунок 3** Интерполяция зависимости оценки от трудозатрат

Результатом интерполяции является функция  $y = 9,033 - 0,122 \times x$  на интервале значений [1:6], где  $Y$  — расчетная оценка  $J_p$ , а  $X$  — расчетное значение трудозатрат оцениваемой несъемной опалубки. При получении значения  $Y$  (бала), не принадлежащего указанному интервалу, за расчетное значение следует принимать ближайшее граничное условие.

Расчет коэффициента технологичности производится аналогично предыдущим определительным таблицам по формуле 2. Для рассматриваемой в качестве примера технологии несъемной опалубки значение  $J_p$  соответствует 5 баллам (табл. 15, аналог 1).

*Подача бетонной смеси (f8).*

Оценка машин и механизмов, необходимых для подачи бетонной смеси, зависит от условий строительной площадки и возможности их применения. Для оценки данного фактора использовался показатель производительности средств подачи. Трудоемкость использования автобетононасоса в человеко-часах на 20 % ниже, чем крана с бадьей, а в машино-часах на 32 %. Высокая производительность автобетононасоса позволяет справиться с укладкой бетонной смеси в конструкции на 19,5 % быстрее крана с бадьей [8].

Необходимо учитывать, что у прицепных бетононасосов часовая производительность до  $20 \text{ м}^3/\text{час}$ , тогда как для автобетононасосов — до  $60...80 \text{ м}^3/\text{час}$  [10].

Результаты оценки приведены в таблице 16.

**Таблица 16**

**Определительная таблица фактора f8**

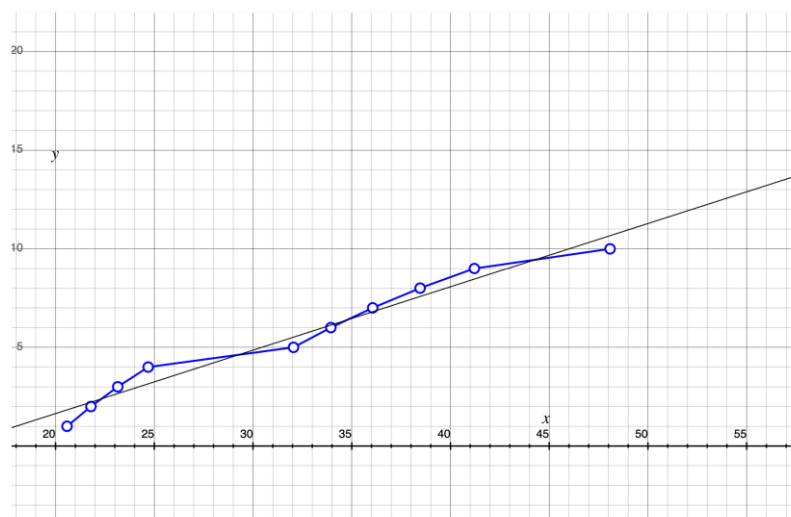
Код	Название характеристик	Оценка	
		Базовая J	Расчетная $J_p$
<i>f8</i>	<b>Подача бетонной смеси*</b>		
<i>f8.1</i>	Механизированная подача бетононасосом	4	
<i>f8.2</i>	Подача бетонной смеси крановым оборудованием в бадье/бункере	3	3
<i>f8.3</i>	Ручной подъем бетонной смеси	2	
<i>f8.4</i>	Ручной замес на горизонте производства работ	1	
Возможный максимум оценки $J_{\max}$			4
Оценка $J_p$			3
Коэффициент технологичности по фактору f8 $Kf_5 = J_p/J_{\max}$			0,75

*Укладка бетонной смеси (f9).*

Продолжительность укладки бетонного слоя ограничивается временем начала схватывания раствора. Перекрытие предыдущего слоя последующим должно быть выполнено до начала схватывания бетона в предыдущем слое [9].

Для анализа данного фактора так же, как и в факторах *f6* и *f7* предложено построить зависимость выставяемого балла от предельной полосы бетонирования. В результате на основе технологий аналогов были получены данные по длине полосы бетонирования для перекрытий различной толщины при постоянных значениях времени укладки бетонной смеси и ширине полосы бетонирования.

На основании полученных данных была интерполирована зависимость бала от длины полосы бетонирования в виде функции  $y = 15,78 - 0,32 \times x$ , где  $y$  — расчетная оценка  $J_p$ , а  $x$  — расчетное значение трудозатрат оцениваемой несъемной опалубки. При получении значения  $y$  (бала), не принадлежащего указанному интервалу, за расчетное значение следует принимать ближайшее граничное условие. Расчет коэффициента технологичности производится аналогично предыдущим определительным таблицам по формуле 2.



Ось y — расчетная оценка Jr; ось x — трудовые затраты в чел.-ч.

Рисунок 4. Интерполяция зависимости оценки от затрат труда.

Таблица 17

Аттестационная шкала для оценки коэффициента технологичности

К <sub>т</sub>	Оценочные показатели перспектив применения технологии	Примечания
1.0–0.8	Перспективна, рекомендуется приступать к разработке ПД	К <sub>т</sub> = 1 при максимальном бале по всем показателям и оценке J <sub>p</sub> на «5»
0.79–0.6	Перспективна, возможны трудности в процессе монтажа или доставки учесть при разработке ПД	К <sub>т</sub> = 0.79 при частных К <sub>т</sub> 0.79–0.6 и оценке J <sub>p</sub> на «4»
0.59–0.4	Малоперспективна, возможны дополнительные затраты по ключевым факторам технологичности	К <sub>т</sub> = 0.59 при частных К <sub>т</sub> 0.59–0.4и оценке J <sub>p</sub> на «3»
0.39–0.2	Не перспективно, применение не рекомендуется	К <sub>т</sub> = 0.39 при частных К <sub>т</sub> 0.39–0.2и оценке J <sub>p</sub> на «2»

Таблица 18

Расчет коэффициентов технологичности несъемной опалубки из профилированного настила

Код	Наименование факторов	Оценка					Тип строительной площадки			
		Вес 1	Вес 2	Вес 3	Вес 4	К <sub>т.р.</sub>	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4
f1	Мобильность вертикального транспорта	0.0177	0.1065	0.06667	0,07362	0,4	0,01	0,04	0,03	0,03
f2	Радиус действия вертикального транспорта	0.03556	0.08571	0.08276	0,09407	0,5	0,02	0,04	0,04	0,05
f3	Необходимый размер грузового отсека автомобиля доставщика	0.0222	0.1117	0.05287	0,08998	0,75	0,02	0,08	0,04	0,07
f4	Маневровые характеристика автомобиля доставщика	0.08	0.1195	0.08276	0,07975	0,75	0,06	0,09	0,06	0,06
f5	Квалификация и состав звена	0.16	0.07532	0.08966	0,1043	0,83	0,13	0,06	0,07	0,09
f6	Тип арматурных работ	0.1644	0.07273	0.1172	0,1145	0,99	0,16	0,07	0,12	0,11
f7	Особенности устройств опалубки	0.19	0.1351	0.1241	0,1002	0,89	0,17	0,12	0,11	0,09
f8	Подача бетонной смеси*	0.151	0.1247	0.1103	0,1022	0,75	0,11	0,09	0,08	0,08
f9	Укладка бетонной смеси	0.102	0.07013	0.1172	0,07771	0,42	0,04	0,03	0,05	0,03
f10	Масса 1м <sup>2</sup> возводимого перекрытия	0.0755	0.02857	0.09655	0,03067	1	0,08	0,03	0,1	0,03
f11	Тип последующих отделочных работ			0.03448		1	0	0	0,03	0
f13	Количество элементов опалубки		0.07013	0.02529	0,02863	1	0	0,07	0,03	0,03
Коэффициент технологичности							0,8	0,72	0,76	0,67



Опираясь на разработанные определительные таблицы и зависимости, становится возможным расчет коэффициента комплексной технологичности для любой технологии несъемной опалубки перекрытий. Для правильного выставления расчетной оценки  $J_p$  инженеру-технологу необходимо собрать основные показатели несъемной опалубки. К таким показателям для первой группы факторов относятся: масса элемента, масса комплекта, размер самого длинного элемента опалубки или армирования, толщину сечения плиты перекрытия, состав технологических операций необходимых для устройства опалубки. Для второй группы факторов: особенности подъезда (размер самого узкого поворотного проема), наличие выше расположенных конструкций.

После определения коэффициента технологичности несъемной опалубки, необходимо свериться с представленной в таблице 17 аттестационной шкалой.

Результаты проведенного расчета для рассматриваемой конструкции несъемной опалубки из профилированного настила представлены в таблице 18.

На основании полученных результатов и сопоставления их с аттестационной шкалой можно сделать вывод о применимости данной технологии при новом строительстве без стесненных условий (тип строительной площадки 1,  $K_T = 0,8$ ).

### Выводы

Разработанная методика подходит для оценки технологичности всех существующих и перспективных систем несъемной опалубки в любых условиях строительства так как базируется на основных показателях несъемной опалубки и является уникальной. Представленные в методике подходы к проведению предварительного вариантного проектирования позволяют сократить затраты на проектные работы за счет применения простых в нахождении показателей. Так же проводящему предварительную оценку инженеру-технологу не требуется сбор экспертной комиссии для ранжирования факторов, что уменьшает число задействованных в предпроектной работе лиц.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гайдуков П.В. Структура комплексной технологичности несъемной опалубки перекрытий / П.В. Гайдуков, Е.М. Пугач // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14. — № 1. — EDN ERGZSV.
2. Гайдуков П.В. Оценка комплексной технологичности несъемной опалубки перекрытий / П.В. Гайдуков, Е.М. Пугач // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14, № 4. — С. 5. — EDN APKXJP.
3. Гмошинский В.Г. Инженерное прогнозирование технологии строительства / В.Г. Гмошинский. — М.: Стройиздат, 1988. — 295, [1] с.: граф.; 20 см.; ISBN 5-274-00063-0: 3 р.
4. Лебедев В.М. Определение технологичности проектов строительства и реконструкции объектов / В.М. Лебедев, И.А. Ломтев // Вестник Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова. — 2017. — № 11. — С. 80–83. DOI: <https://doi.org/10.12737/issn.2071-7318>.
5. Пауль, Г.А. Особенности применения монтажных механизмов в стесненных условиях реконструкции зданий и сооружений / Г.А. Пауль // Инновации. Наука. Образование. — 2020. — № 22. — С. 57–63. — EDN CPPPCS.

6. Федосеенкова, Е.С. Влияние грузоподъемности на функционирование совокупности микро автотранспортных систем перевозок строительных грузов / Е.С. Федосеенкова, Е.Е. Витвицкий // Развитие теории и практики автомобильных перевозок, транспортной логистики: сборник научных трудов кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» (с международным участием) / Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ). — Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2017. — С. 421–441. — EDN YPYBMZ.
7. Горячев О.М. Особенности возведения зданий в стесненных условиях / О.М. Горячев, Л.В. Прыкина. — М.: Academia, 2003 (ПИК ВИНТИ). — 259 с.: ил., табл.; 21 см.; ISBN 5-87444-189-1.
8. Погуляев И.Л. Анализ эффективности использования техники для укладки бетонной смеси в конструкции фундаментов / И.Л. Погуляев, Е.М. Белова // Россия молодая: Сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 19–21 апреля 2022 года / Редколлегия: К.С. Костиков (отв. ред.) [и др.]. — Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. — С. 631221–631227. — EDN DPVFBX.
9. Хамхоева, З.М. Зависимость качества бетона от способа укладки бетонной смеси / З.М. Хамхоева, А.Р. Дзангиева // 2016. — Т. 2, № 3. — С. 48–52. — EDN VSEPTR.
10. Таран, В.В. Выбор варианта устройства перекрытия при реконструкции зданий / В.В. Таран, А.Ф. Ильичев, Д.Е. Бершадская // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. — 2016. — № 6(122). — С. 29–33. — EDN ZISUZX.

**Gaidukov Pavel Vladimirovich**

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia  
E-mail: [Gaidukov.p.v@yandex.ru](mailto:Gaidukov.p.v@yandex.ru)  
RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=951399](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=951399)

**Pugach Evgeniy Mihailovich**

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia  
E-mail: [Tsp-tvz@mail.ru](mailto:Tsp-tvz@mail.ru)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2832-1941>  
RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=416367](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=416367)

## Features of the use of stay in place floor formwork

**Abstract.** The variant study of various technologies for the construction of floors in fixed formwork within the framework of implementation on one project allows to improve the organizational and technological reliability of construction production. Consideration of the complex manufacturability of various systems of non-removable formwork of floors allows us to obtain the enlarged technical and economic indicators necessary at the design stage for preliminary variant design and selection of the most suitable technical solution for the construction conditions. According to the results of the study, by constructing property trees, the main factors of transport, installation, production and operational manufacturability of fixed formwork were identified. The main indicators of the considered groups of manufacturability can be expressed in absolute values obtained by the analytical method or have a qualitative assessment. A qualitative assessment of the technological performance indicators can be carried out by conducting an expert survey. The totality of the obtained qualitative and quantitative indicators express the complex manufacturability of the permanent formwork. To conduct the survey, various conditions of the construction site were formed and described to determine the weight of the processability factors. The required number of experts has been determined to rank the factors of manufacturability  $x_1$ – $x_{14}$ , and an expert survey has been described. Rank matrices are provided for each of the surveys conducted, the assessment of the consistency of expert opinions is confirmed using the Kendel concordance coefficient, for which the Pearson consistency criterion is determined, the "Noise Field" factors are insignificant for further research. The obtained ranking results make it possible to assess the impact of each factor on the complex manufacturability of fixed formwork of floors, which allows, when identifying the corresponding dependencies, to develop a methodology for determining preliminary technical and economic indicators for carrying out variant design.

**Keywords:** stay in place slab formwork; structural features of stay in place slab formwork; functional features of stay in place formwork; technological features of stay in place floor formwork; characteristics of stay in place formwork; manufacturability stay in place formwork