

Равномерность распределения трудовых ресурсов в календарном планировании строительства зданий и сооружений

Е.В. Михайлова

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

Аннотация: В статье анализируются подходы к оценке степени равномерности задействования трудовых ресурсов в строительной сфере. В качестве ключевого инструмента предлагается применение индекса Херфиндаля-Хиршмана, который позволяет количественно оценить равномерность распределения рабочей силы на различных этапах строительного процесса. Использование данного индекса способствует более рациональному планированию трудовых затрат, что помогает сократить периоды простоя, предотвратить перегрузки сотрудников и, как результат, повысить общую эффективность выполнения строительных проектов.

Ключевые слова: равномерность использования рабочей силы, показатели равномерности, оценка равномерности, трудовые ресурсы, календарное планирование.

В отечественной и зарубежной науке довольно широко исследуется понятие «равномерность использования трудовых ресурсов в строительстве» [1-3]. Равномерность использования рабочей силы является одним из ключевых принципов организации строительного производства, который напрямую влияет на эффективность и рентабельность строительных процессов, позволяет достичь баланса между ресурсами, временем и качеством выполнения работ [4]. Необоснованные колебания плановой потребности в рабочей силе, которые возникают при реализации календарного графика, создают значительные трудности в организации строительства. Такие скачки приводят к необходимости частого реформирования бригад и звеньев, что нарушает их слаженность и снижает производительность труда. Кроме того, это вызывает увеличение числа перебазировок рабочих с одного объекта на другой, а также их перемещений между различными участками работ в пределах одного объекта. Такие перемещения не только увеличивают временные и финансовые затраты, но и приводят к выполнению работ, не соответствующих квалификации и

специализации рабочих. Это, в свою очередь, негативно сказывается на качестве выполняемых задач и общих темпах строительства, создавая дополнительные риски для соблюдения сроков сдачи объекта.

Оценка равномерности использования трудовых ресурсов — это комплексный процесс, направленный на анализ и оптимизацию загрузки рабочей силы в течение всего периода реализации строительного проекта [5, 6]. Равномерность использования трудовых ресурсов предполагает, что количество работников, задействованных на объекте, не имеет значительных колебаний, что позволяет избежать перегрузок, простоев, излишних затрат на оплату труда и срывов сроков выполнения работ [7].

Основой для оценки равномерности является анализ распределения количества работников по времени. Для этого используются различные показатели и методы [8, 9]. Одним из ключевых показателей является коэффициент равномерности использования трудовых ресурсов, который рассчитывается следующим образом:

$$K_{\text{равн}} = 1 - \frac{\sum |N_i - N_{\text{ср}}|}{T \cdot N_{\text{ср}}}, \quad (1)$$

где:

N_i — количество работников в i -й период;

$N_{\text{ср}}$ — среднее количество работников за весь период;

T — общее количество периодов.

Чем ближе значение коэффициента к 1, тем более равномерно используются трудовые ресурсы. Если коэффициент значительно меньше 1, это указывает на наличие "пиков" и "спадов" в загрузке, что требует корректировки планирования.

Для визуализации распределения трудовых ресурсов используется график, на котором по оси X откладывается время (дни, недели, месяцы), а по оси Y — количество работников. Идеальная ситуация — это прямая

линия, соответствующая среднему количеству работников. Однако на практике график часто имеет волнообразный вид, что свидетельствует о неравномерности. Анализ такого графика позволяет выявить периоды перегрузки и простоев, а также определить их причины.

Статистические методы также играют важную роль в оценке равномерности. Дисперсия и стандартное отклонение количества работников от среднего значения позволяют количественно оценить степень неравномерности. Чем меньше эти показатели, тем более равномерно распределены трудовые ресурсы. Например, если стандартное отклонение составляет 20% от среднего значения, это указывает на значительные колебания в загрузке.

Для более точного определения равномерности распределения рабочих предлагается использовать Индекс Херфиндаля-Хиршмана. Это показатель, используемый для измерения концентрации или неравномерности распределения какого-либо ресурса, явления или активности (например, населения, рыночной доли компаний, промышленного производства) между регионами, группами или субъектами. Индекс широко применяется в экономике, географии, социологии и других науках для анализа концентрации и уровня конкуренции. В контексте распределения трудовых ресурсов в строительстве ННІ показывает, насколько рабочие сосредоточены на объекте в тот или иной период времени.

Индекс Херфиндаля-Хиршмана измеряет степень концентрации, рассчитывая сумму квадратов долей рабочих в тот или иной отрезок времени в общем количестве трудовых ресурсов. Чем выше значение индекса, тем больше концентрация. Например:

- если рабочие равномерно распределены по всем отрезкам времени, индекс будет близок к нулю;

- если все рабочие сосредоточены в одном периоде, индекс будет равен 1 (или 10 000, если используется шкала от 0 до 10 000).

Индекс Херфиндаля-Хиршмана рассчитывается по формуле:

$$HHI = \sum_{i=1}^n s_i^2, \quad (2)$$

где:

s_i — доля рабочих i -го отрезка времени в общем объеме трудовых ресурсов;

n — количество периодов времени.

Если доли выражены в процентах, формула принимает вид:

$$HHI = \sum_{i=1}^n (s_i \times 100)^2, \quad (3)$$

В этом случае индекс варьируется от 0 до 10 000.

Шкала значений ННІ (в диапазоне от 0 до 100000):

- менее 1 500 – низкая концентрация (высокая равномерность);
- 1 500–2 500 – умеренная концентрация;
- более 2 500 – высокая концентрация.

Преимуществами индекса Херфиндаля-Хиршмана являются чувствительность к изменениям – индекс учитывает не только количество периодов времени, но и распределение долей между ними, а так же простота расчета – индекс легко вычисляется на основе доступных данных.

В качестве недостатка индекса можно отметить зависимость от количества периодов времени: если отрезков времени с определенным количеством рабочих будет много, его значение может быть искусственно занижено, даже если распределение неравномерное.

Рассмотрим пример распределения рабочих по трем отрезкам времени (табл. 1).

Таблица № 1

Распределение рабочих в графике движения трудовых ресурсов

Период времени	Кол-во рабочих (x_i)	Доля рабочих (s_i), %	s_i^2
1	50	50	2500
2	30	30	900
3	20	20	400

$$ННІ = 2500+900+400= 3800$$

Значение индекса Херфиндаля-Хиршмана указывает на высокую неравномерность распределения рабочих, которую можно улучшить за счет оптимизации календарного планирования.

На равномерность использования трудовых ресурсов влияет множество факторов. Одним из ключевых является качество планирования строительных работ. Неправильное распределение задач, несогласованность этапов работ или недостаточный учет внешних условий могут привести к неравномерной загрузке персонала. Кроме того, недостаток квалифицированных кадров или их неэффективное использование могут привести к тому, что часть работников будет перегружена, а часть — простаивать.

Для повышения равномерности использования трудовых ресурсов применяются различные методы. Одним из наиболее эффективных является оптимизация календарного плана строительства [10]. Автоматизация процессов управления проектами с использованием специализированного программного обеспечения (например, MS Project, Primavera) позволяет более точно планировать и контролировать использование трудовых ресурсов. Внедрение BIM-технологий также способствует повышению точности планирования и снижению рисков неравномерной загрузки [11].

Таким образом, оценка равномерности использования трудовых ресурсов в строительстве — это важный инструмент управления проектами,

который позволяет оптимизировать затраты, повысить производительность труда и соблюдать сроки выполнения работ. Предложенный индекс Херфиндаля-Хиршмана как показатель оценки равномерности распределения рабочих по времени обеспечивает более обоснованное распределение трудовых ресурсов, что позволяет минимизировать простои, избежать перегрузок и повысить общую эффективность строительства.

Литература

1. Киянец А. В. Оптимизация календарных планов по критерию неравномерности трудовых ресурсов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. 2021 № 3. С. 23-28.
2. Riau D. P., Junaidi J., Akadira T., Muhtarom D. B. A., Madya, F. Solving Construction Project Delays as SDGS: Evidence from Indonesia. Journal of Lifestyle and SDGs Review. 2024. Vol. 1 № 4. Pp. 1-24.
3. Bolotin S., Birjukov A. Time management in drafting probability schedules for construction work // World Applied Sciences Journal. 2013. Vol. 23. Issue 13. Pp. 1–4.
4. Мордвинов А.М. Равномерность использования рабочей силы в условиях бригадной организации труда в строительном производстве // Экономика строительства. 2015. № 4. С. 31 – 36.
5. Беляков Г. С., Ван Сюэ, Чжан И. Календарное планирование трудовых ресурсов // Экономика и социум. 2016. №5-3 (24). URL: cyberleninka.ru/article/n/kalendarnoe-planirovanie-trudovyh-resursov.
6. Сборщиков С. Б., Лазарева Н. В., Алексанин А. В. Распределение трудовых ресурсов по объектам строительства // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2015. №2. URL: // cyberleninka.ru/article/n/raspredelenie-trudovyh-resursov-po-obektam-stroitelstva.

7. Сальников К. Е. Сокращение продолжительности строительства в результате увеличения сменности до трех // Финансы и управление. 2022. №. 2. С. 79-89.

8. Олейник П. П. и др. Методы формирования и оптимизации календарных планов строительных предприятий // Технология и организация строительного производства. 2017. №. 1. С. 3-7.

9. Kuzhin M. Optimization of construction parameters using resource scheduling / M. Kuzhin, M. Akimockina // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 97. P. 06030

10. Михайлова Е.В. Построение календарного плана строительства на основе графика освоения капитальных вложений // Инженерный вестник Дона. 2024. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2024/8979

11. Кабанов В. Н. Принципы построения информационной модели общего журнала работ в строительстве // Инженерный вестник Дона. 2020. №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2020/6505

References

1. Kiyanev A. V. Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. 2021 № 3. pp. 23-28.

2. Riau D. P., Junaidi J., Akadira T., Muhtarom D. B. A., Madya, F. Journal of Lifestyle and SDGs Review. 2024. Vol. 1 № 4. pp. 1-24.

3. Bolotin S., Birjukov A. World Applied Sciences Journal. 2013. Vol. 23. Issue 13. pp. 1–4.

4. Mordvinov A.M. Ekonomika stroitel'stva. 2015. № 4. pp. 31 – 36.

5. Belyakov G. S., Van Syue, Chzhan I. Ekonomika i socium. 2016. №5-3 (24). URL: cyberleninka.ru/article/n/kalendarное-planirovanie-trudovyh-resursov.

6. Sborshchikov S. B., Lazareva N. V., Aleksanin A. V. Vestnik BGTU imeni V. G. Shuhova. 2015. №2. URL: cyberleninka.ru/article/n/raspredelenie-trudovyh-resursov-po-obektam-stroitelstva.



7. Sal'nikov K. E. *Finansy i upravlenie*. 2022. №. 2. pp. 79-89.
8. Olejnik P. P. i dr. *Tekhnologiya i organizaciya stroitel'nogo proizvodstva*. 2017. №. 1. pp. 3-7.
9. Kuzhin M. *E3S Web of Conferences*. 2019. Vol. 97. P. 06030
10. Mihajlova E.V. *Inzhenernyj vestnik Dona*. 2024. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2024/8979
11. Kabanov V. N. *Inzhenernyj vestnik Dona*. 2020. №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2020/6505

Дата поступления: 10.02.2025

Дата публикации: 26.03.2025