

КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ПО КРИТЕРИЮ ТРУДОВЫХ ЗАТРАТ

докторант Зокирова Г.З.

Ташкентский архитектурно-строительный университет, Узбекистан

Календарный план (КП) вместе со строительным генеральным планом (СГП) является одним из основных документов в составе проекта организации строительства (ПОС) и проекта производства работ (ППР) и определяет порядок и взаимную увязку по времени этапов строительства, а также отдельных видов работ. Ограничение реализации строительного проекта по времени, случайный и не прогнозируемый характер многих факторов влияния в строительстве делает календарный план незаменимым для организации, планирования и управления строительным производством. Обязательное наличие календарного плана регламентировано требованиями, там же приведены определение календарного плана и графика производства работ, а также форма их представления [1]:

- календарный план работ – график производства работ с осуществленной привязкой к действующему производственному календарю;

- график движения трудовых затрат – один из видов ресурсных графиков, позволяющих моделировать распределение трудовых ресурсов

по времени между работами и объектами с возможностью последующей оптимизации режима пользования установленными методиками;

- график производства работ – инструмент моделирования строительного производства в виде кусочно-постоянных (кусочно-заданных) функций, изображающих на временной шкале последовательность и сроки выполнения работ с максимально возможным их совмещением (линейная диаграмма).

Являясь одним из технико-экономических показателей календарного плана, коэффициент неравномерности трудовых ресурсов (коэффициент неравномерности движения рабочих) k_n отражает распределения трудовых ресурсов по времени, отвечает за оптимизацию и регулирование сроков строительства, является основой для расчета количества временных зданий на строительной площадке, что в свою очередь определяет потребность в площади на размещение этих зданий на строительной площадке. Проблема заключается в отсутствии в общедоступных источниках обоснованных данных значений данного коэффициента, а также нормативных требований по его ограничению и расчету. Для решения данной проблемы предложена новая методика определения максимального значения k_n исходя из проектируемой или требуемой продолжительности установившегося потока при поточном методе производства работ. Для этого было проведено математическое моделирование различных вариантов эпюр графика движения рабочих при фиксировании значений продолжительности и трудоемкости. Данное вариантное моделирование позволило получить зависимость k_n от времени установившегося потока. Определена математическая зависимость для назначения предельного k_n в период времени установившегося потока, равная от 25 до 100 % от полной продолжительности работ, что позволяет динамически изменять k_n в зависимости от конкретных условий проектирования календарного плана и общей организации и управления строительным проектом.

Маркером эффективности построенного графика служит коэффициент неравномерности движения трудовых ресурсов (k_n), получаемый как отношение максимального количества привлеченных работников (N_{max}) к их среднему значению ($N_{ср}$), которое в свою очередь находится как отношение общей трудоемкости всех работ графика (Q) к максимальной продолжительности (T): $k_n = N_{max} / N_{ср} = (N_{max} \cdot T) / Q$. (1) Чем больше коэффициент неравномерности, тем более сложно организовать строительство, так как необходимо решать комплекс организационно-технологических и правовых вопросов по привлечению дополнительного количества работников требуемой

профессии и квалификации, и, наоборот, по переводу их на другие объекты, виды деятельности и т. д. [3, 4]. В идеальном случае $k_n = 1$, что означает неизменность числа привлекаемых работников на время производства работ. Теоретически такое возможно только в ряде работ, ограниченных каким-либо этапом строительства при возведении одного здания, например, при возведении «коробки» здания, или при возведении комплекса однотипных зданий параллельным способом. Но в реальной строительной практике такое редко встречается. Поэтому нижней границей коэффициента неравномерности является 1, верхняя граница является объектом ограничения. В различных источниках приводятся разные значения коэффициента неравномерности движения трудовых ресурсов от 1,3 до 2,0 в зависимости от вида строительства (новое или реконструкция) и взглядов автора на данный вопрос [5–8]. Проблема заключается в том, что авторами не приводятся ни обоснование данных значений коэффициента, ни ссылки на первоисточник.

Усложняет процесс работы по оптимизации графика движения трудовых ресурсов и отсутствие нормативных значений коэффициента неравномерности, кроме некоторых упоминаний вскользь [9]. Таким образом, целью данной работы является предложение методологических основ определения граничных значений коэффициента неравномерности движения трудовых ресурсов как индикатора качества построения календарного плана (графика производства работ) с позиции оптимального потребления и распределения по времени рабочих и инженерных кадров.

Исследуя данную проблему, необходимо прежде всего отметить, что неравномерное потребление ресурсов, в том числе и трудовых, является особенностью именно поточного метода производства работ (рис. 1) [10]. В этом случае максимальное количество потребляемых ресурсов наблюдается в момент установившегося потока, т. е. когда наблюдается одновременная работа всех частных потоков [11–13]. Или, как вариант, пиковое значение на эюре движения рабочих может быть при одновременном производстве работ потоками с наибольшим количеством занятых людей [14, 15]. Для наглядности рассмотрим случай ритмичных потоков с равными и кратными изменениями ритма. Поскольку в реальных условиях трудоемкость (Q) строительства объекта не зависит от выбранного способа организации работ, а продолжительность (T) определяется нормативно или условиями договора, то зададим эти параметры неизменными ($Q, T = \text{const}$). Тогда, варьируя параметрами интенсивности потока и количества привлеченных трудовых ресурсов, получим типовые эюры движения рабочих.

По результатам моделирования видно, что k_n хотя и описывает общую неравномерность потребления ресурсов, не учитывает интенсивность потока и характер совмещения частных потоков. Это иллюстрируют графики, где коэффициент неравномерности $k_n = 1,5$, а время установившегося потока (верхняя часть графика) на графике (рис. 2 б) составляет $0,25T$, а на графике (рис. 2 в) – $0,5T$. Конечно, рассматривая более сложные виды графиков, можно привести еще большее количество таких примеров, что отмечалось и в работах других авторов [16, 17]. Еще одной проблемой, как уже упоминалось, является назначение верхних границ коэффициента неравномерности движения рабочей силы. Таким образом, логичным было бы решение о его динамическом изменении в зависимости от различных факторов. В частности, ввести зависимость значения k_n от проектируемого времени установившегося потока. Такое решение позволит более гибко подходить к процессу расчета и составления календарного плана, с одной стороны, и, с другой стороны, позволит сохранить изменчивость потребления трудовых ресурсов в разумных пределах. Что косвенно подтверждают и другие исследования [18–20]. Для этого было произведено математическое моделирование по определению зависимости k_n от k_u , где k_u – коэффициент времени установившегося потока, определяющийся как $k_u = T_u/T$, (2) где T_u – время установившегося потока, T – общая продолжительность работ по графику. По результатам моделирования построен график искомой зависимости в пределах изменения k_u от 0,25 до 1,0

По результатам исследования была получена зависимость: $k_n = k_y^2 - 2,55k_y + 2,56$. (3) Интервал изменения k_y от 0 до 0,25 в принятых ограничениях исследования стабильно дает показатели $k_n \geq 2$, что сказывается на значительной неравномерности потребления трудовых ресурсов, поэтому он был исключен из дальнейшего рассмотрения [20].

Коэффициент неравномерности движения трудовых ресурсов является важнейшим показателем правильности и оптимальности составленного календарного плана (графика производства работ) как составной части проекта организации строительства и проекта производства работ. Применяемые на сегодняшний день границы назначения k_n являются фиксированными и недостаточно обоснованными. Предложена новая методика определения максимального значения k_n исходя из проектируемой или требуемой продолжительности установившегося потока при поточном методе производства работ. Определена математическая зависимость для назначения предельного k_n в период времени установившегося потока, равная от 25 до 100 % от полной продолжительности работ.

Литература

1. Korol, O. Factors affecting the consumption of fuel and energy resources during the construction of monolithic buildings / O. Korol // E 3S Web of Conferences: TPACEE-2019. – 2020. – Vol. 164. – № 08020.
2. Ekindt, V.T. Multicriteria Scheduling – Theory, Models and Algorithms (Second Edition) / V.T. Ekindt, J.-C. Billaut. – Berlin: Springer, 2006. – 577 p.
3. Lucko, G. Temporal constraints in linear scheduling with singularity functions: Case of calendarization / G. Lucko // Journal of Computing in Civil Engineering. – 2014. – Vol. 28. – P. 232–243.
4. Дикман, Л.Г. Организация строительного производства / Л.Г. Дикман. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. – 626 с.
5. Кирнев, А.Д. Организация в строительстве / А.Д. Кирнев. – 3-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2020. – 528 с.
6. Рыжевская, М.П. Организация строительного производства / М.П. Рыжевская. – Минск: РИПО, 2019. – 308 с.
7. Олейник, П.П. Организация строительного производства: подготовка и производство строительно-монтажных работ / П.П. Олейник, В.И. Бродский. – 2-е изд. – М.: МИСИ – МГСУ, 2020. – 96 с.
8. Пособие по разработке проектов организации строительства и проектов производства работ для жилищно-гражданского строительства (к СНиП 3.03.01-85)/ ЦНИИОМТП. – М.: Стройиздат, 1989. – 160 с.
9. Ammar M.A. Optimization of project timecost trade-off problem with discounted cash flows / M.A. Ammar // Journal of Construction Engineering and Management. – 2011. – Vol. 137 – P. 65–71.
10. Карякин, А.М. Интерактивная процедура многокритериальной оптимизации при составлении календарных планов / А.М. Карякин, В.В. Березка // Вестник ИГЭУ. – 2013.– № 2. – С. 1–4.