

Оптимизация численно-квалификационного состава бригады арматурщиков для выполнения строительно-монтажных работ

А.Е. Степанов

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва

Аннотация: В статье рассматривается возможность оптимизация состава звена арматурщиков при устройстве арматурного каркаса вертикальных монолитных конструкций. Рассматриваются различные варианты состава звена арматурщиков в зависимости от вариантов соединения арматурных стержней в вертикальных монолитных конструкциях (вязка арматурного каркаса при помощи вязального крючка, при помощи автоматизированного пистолета и при помощи муфтового соединения). Данные для расчета получены методом хронометража арматурных работ, рассматриваемых в статье. На основании проведенного хронометража и построения математической модели был определен оптимальный состав арматурщиков при выполнении арматурных работ.

Ключевые слова: Хронометраж, математическая модель, оптимизация, соединение арматурных стержней, состав звена, арматурные стержни, монолитные конструкции, график зависимости, трудоемкость, минимальный численный состав звена, квалификационный состав звена, статическая обработка данных.

В последние годы потребность в современных архитектурных решениях строящихся объектов и увеличение спроса на жилищный фонд способствовали увеличению строительных объемов возводимых зданий. При этом не стоит забывать, что возводимые здания должны соответствовать современным требованиям: они должны быть безопасны, должны возводиться в достаточно короткие сроки, должны быть энергоэффективными, при этом иметь низкую себестоимость и трудоемкость.

Планирование строительного производства, назначение состава рабочих для конкретных видов работ производится проектировщиками, как правило, на основании своих профессиональных навыков и своего опыта, такое формирование, как правило, не влияет на качество работ при проектировании небольших объектов, но при проектировании крупных объектов такой подход невозможен из-за большого количества данных, которые необходимо учитывать [1,2]. Оптимизация состава звена рабочих

является важной задачей, которую необходимо планировать заранее (определить состав работ, последовательность выполнения работ, и т.д.).

Необходимо разобраться в понятии оптимизации, поскольку существует несколько определений слова оптимизация [3].

Оптимизация – выбор из множества вариантов такого решения, которое даст возможность достичь поставленной цели в существующих условиях.

Оптимизация численности – процесс уменьшения расходов, который достигается двумя путями: либо увольнение рабочих, либо сокращение фонда оплаты труда [4].

Для проведения оптимизации состава звена рабочих необходимо произвести диагностику и понять, что и как оптимизировать. Необходимо систематизировать и провести аудит количественного состава рабочего звена с учетом выполняемых функций и реальной загрузкой рабочих. Кроме этого, необходимо задуматься и о совершенствовании оборудования для выполнения работ. На сегодняшний день арматурные работы характеризуются низким организационно-техническим уровнем (ОТР).

Примерно 65% арматурщиков заняты ручными работами на строительной площадке, а 35 % арматурщиков работают на специализированных заводах [5,6]. Далее необходимо провести расчет оптимального количества рабочих в звене с учетом оптимизации административных и производственных процессов [7].

В процессе проектирования состава звена рабочих необходимо соблюдать требования:

1. Каждый измеритель должен быть загружен близко к 100%, выполняемая им работа должна соответствовать его квалификации;
2. Количество исполнителей необходимо принимать наименьшим.

Оптимальность численно-квалификационного состава бригады арматурщиков будем производить на основании проведения серии замеров

времени (хронометраж) выполнения повторяющихся однотипных технологических процессов армирования вертикальных конструкций различным составом звена по количеству людей и квалификационному составу [8].

Хронометраж арматурных работ проводится для наблюдения и получения значений затрат времени при выполнении многократно повторяющихся операций. Во время хронометража использовался цифровой метод записи, который основывался на многократном замере при помощи секундомера [9].

Для всех вариантов были приняты единые конструктивные характеристики (Г-образные стены, прямые стены, Т-образные стены, шаг арматуры принят 200*200мм, высота этажа 3,2м).

Квалификационный состав рабочих принимается согласно сборникам ЕНиР и исходя из опыта организации [10].

Армирование стержнями Ø8мм- Ø12мм с помощью вязального крючка.

Принятые варианты состава звеньев:

2 человека (2р-1чел, 5р.-1чел); 3 человека (2р-1чел, 3р-1чел, 5р.-1чел);

4 человека (3р-2чел, 4р.-1чел, 5р.-1чел); 5 человек (2р-1чел, 3р.-2чел,

4р.-1чел, 5р.-1чел); 6 человек (2р-2чел, 3р.-2чел, 4р.-1чел, 5р.-1чел);

7 человек (2р-1чел, 3р.-3чел, 4р.-2чел, 5р.-1чел).

Трудозатраты в зависимости от состава рабочих рассчитывались согласно формуле:

$$Q = \frac{N_{\text{чел}} \cdot N_{\text{час}}}{N_{\text{ед}}} \quad (1)$$

На основании формулы 1 и проведенного хронометража был построен график зависимости трудозатрат от количества принятого состава звена арматурщиков. В качестве принятых значений использовались усредненные значения полученных результатов хронометража, согласно формуле:

$$T_{cp} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n}{n} \quad (2)$$

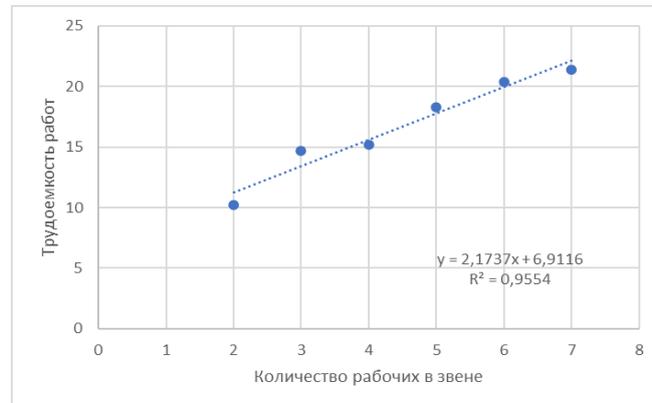


Рис. 1. – График зависимости трудоемкости от состава рабочего звена при вязке арматуры стержнями Ø8мм- Ø12мм с помощью вязального крючка

Как видно из рис. 1, наиболее оптимальным является состав звена, состоящий из 4 человек (3р.-2чел, 4р.-1чел, 5р.-1чел) [11].

Основываясь на формуле 1 и 2, и неизменяемом количестве рабочих в звене, были построены графики зависимости трудоемкости от состава рабочих в звене для других арматурных работ.

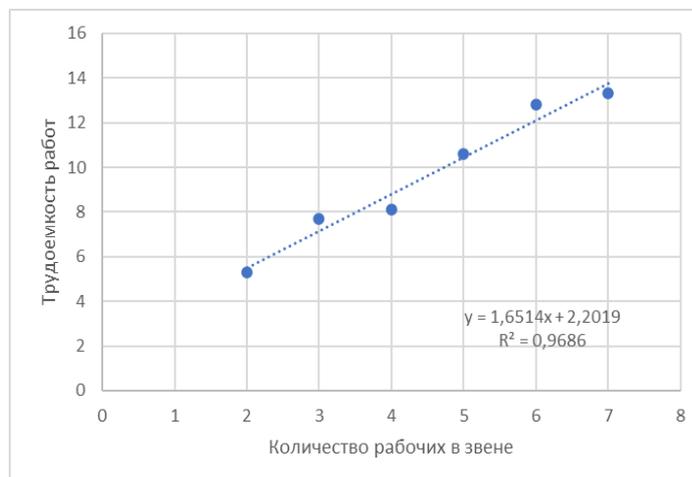


Рис. 2. – График зависимости трудоемкости от состава рабочего звена при вязке арматуры стержнями Ø8мм- Ø12мм с помощью пистолета для вязки арматуры

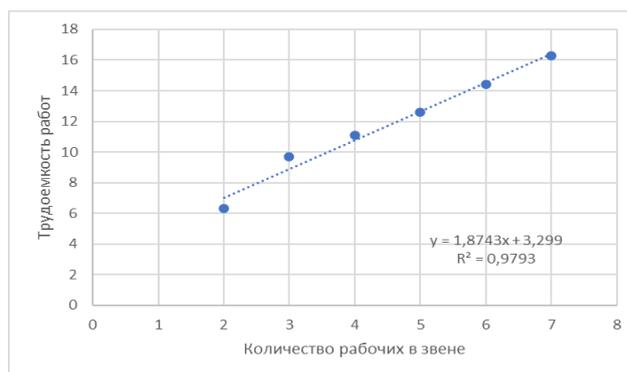


Рис. 3. – График зависимости трудоемкости от состава рабочего звена при вязке арматуры стержнями Ø12мм- Ø16мм с помощью вязального крючка

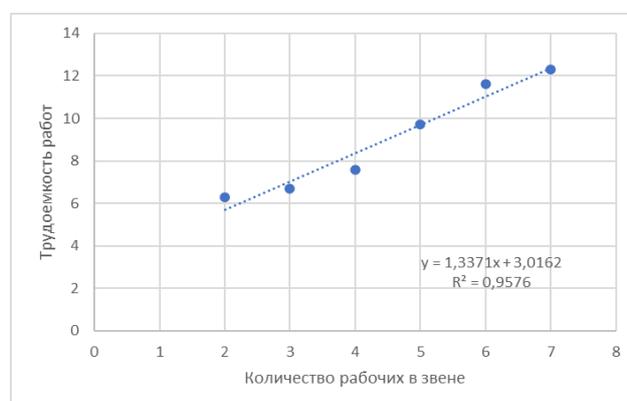


Рис. 4. – График зависимости трудоемкости от состава рабочего звена при вязке арматуры стержнями Ø12мм- Ø16мм с помощью пистолета для вязки арматуры

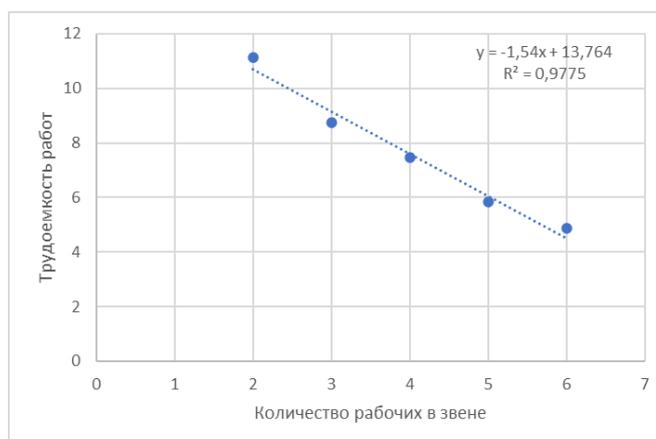


Рис. 5. – График зависимости трудоемкости от состава рабочего звена при вязке арматуры стержнями Ø12- Ø40 мм с помощью муфт

Заключение

На основании проведенного анализа были установлены оптимальные составы звеньев при производстве арматурных работ в зависимости от применения различных вариантов соединения арматурных стержней.

Проведя аппроксимацию по методам наименьших квадратов (МНК), было установлено что изменение трудоемкости арматурных работ описывается линейной функцией вида $y=ax+b$, при этом коэффициент детерминации лежал в границах $0,9576 < R^2 < 0,9793$ что говорит об адекватности принятой математической модели [12].

Согласно рис. 1-5, принимаем при вязке арматуры стержнями Ø8мм-Ø12мм с помощью вязального крючка – 4 человека (3р.-2чел, 4р.-1чел, 5р.-1чел), при вязке арматуры стержнями Ø8мм- Ø12мм с помощью пистолета для вязки арматуры – 4 человека (3р.-2чел, 4р.-1чел, 5р.-1чел), при вязке арматуры стержнями Ø12мм- Ø16мм с помощью вязального крючка – 5 человек (2р.-1чел, 3р.-2чел, 4р.-1чел, 5р.-1чел), при вязке арматуры стержнями Ø12мм- Ø16мм с помощью пистолета для вязки арматуры – 5 человек (2р.-1чел, 3р.-2чел, 4р.-1чел, 5р.-1чел), при вязке арматуры стержнями Ø12- Ø40 мм с помощью муфт – 4 человека (3р.-2чел, 4р.-1чел, 5р.-1чел).

Литература

1. Савельева Н.А., Козлова Е.И. Формирование конкурентоспособности предприятия на основе совершенствования управления процессом сырьеобеспечения // Инженерный вестник Дона. 2014. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2272.
2. Юргайтис А.Ю. Моделирование и оптимизация производственной программы строительной организации // Промышленное и гражданское строительство. 2020. №6. С. 49-56.



3. Аристова Е.М. Некоторые подходы к решению задач линейной многокритериальной оптимизации // Итоги науки и техники. Современная математика и ее приложения. Тематические обзоры. 2021. Т. 190. С. 3-13.
 4. Новицкий Н.И. Основы менеджмента: организация и планирование производства. М.: Финансы и статистика, 1998. -202с.
 5. Гончаров А.А. Совершенствование технологических процессов в монолитном домостроении // Промышленное и гражданское строительство.2017. №12. С.106-111.
 6. Кудрявцев Ю.И. Комплексная автоматизация процессов производства арматурных изделий в строительных технологиях. М., 2006.219с.
 7. Мадатян С.А. Современные материалы и технологии арматурных работ // Бетон и железобетон. 2016. №3.С.12-16.
 8. Целигорова Е.Н. Современные информационные технологии и их использование для исследования систем автоматического управления // Инженерный вестник Дона. 2010. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/222.
 9. Галиахметов Р.А., Корецкий В.П., Марданова И.М., Галиахметова М.Р. Некоторые аспекты совершенствования нормирования труда с учетом зарубежного опыта и повышения значимости неповторяемых и уникальных видов работ // Вестник ИЖГТУ имени М.Т. Калашникова. 2016. Т19. №2(70). С.54-58.
 10. Единые нормы времени и расценки на изготовление железобетонных изделий и конструкций. Выпуск II. Арматурные работы.1990.187с.
 11. Тарарушкин Е.В. Назначение состава рабочих звеньев методом линейного программирования // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 7. С. 71–74.
 12. Волков И.К., Загоруйко Е.А. Исследование операций / под ред. Зарубина В.С., Крищенко А.П. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. 436 с.
-

References

1. Savel'eva N.A., Kozlova E.I. Inzhenernyj vestnik Dona. 2014. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2272.
2. YUrgajtis A.YU. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2020. №6. pp. 49-56.
3. Aristova E.M. Itogi nauki i tekhniki. Sovremennaya matematika i ee prilozheniya. Tematicheskie obzory. 2021. T. 190. pp. 3-13.
4. Novickij N.I. Osnovy menedzhmenta: organizaciya i planirovanie proizvodstva [Fundamentals of management: organization and production planning]. M. Finansy i statistika, 1998. 202p.
5. Goncharov A.A. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2017. №12. pp.106-111.
6. Kudryavcev YU.I. Kompleksnaya avtomatizaciya processov proizvodstva armaturnyh izdelij v stroitel'nyh tekhnologiyah [Complex automation of reinforcement products manufacturing processes in construction technologies]. M, 2006. 219p.
7. Madatyan S.A. Beton i zhelezobeton.2016. №3. p.12-16.
8. Celigorova E.H. Inzhenernyj vestnik Dona. 2010. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/222.
9. Galiahmetov R.A., Koreckij V.P., Mardanova I.M., Galiahmetova M.R. Vestnik IZHGTU imeni M.T. Kalashnikova. 2016. T19. №2(70). pp.54-58.
10. Edinye normy vremeni i rascenki na izgotovlenie zhelezobetonnyh izdelij i konstrukcij Vypusk II. Armaturnye raboty [Uniform time standards and prices for the manufacture of reinforced concrete products and structures Issue II. Reinforcement works].1990.187p.
11. Tararushkin E.V. Vestnik BGTU im. V.G. SHuhova. 2017. № 7. pp.71–74.



12. Volkov I.K., Zagorujko E.A. Issledovanie operacij. [Operations research]. Pod red. B.C. Zarubina, A.P. Krishchenko. M.: Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 2000.436p.