

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ПЕРЕКРЕСТКЕ ПУТЕМ КОМПЛЕКСНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

А.А. Штепа¹, Н.В. Зеликова², Ю.В. Щедрина³

^{1,2} Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, г. Воронеж,
Россия, alexei_shtepa@mail.ru

³ ООО ИзыскДорПроект

Аннотация. Статья посвящена повышению безопасности на нерегулируемом перекрестке в г. Калуге. На примере пересечения автодороги «Анненки – Силикатный» и ул. Изумрудная разработан проект, центральным элементом которого является установка светофора с расчетом его параметров. Реализация предложенных мер повысит безопасность и пропускную способность перекрестка.

Ключевые слова. безопасность дорожного движения, организация дорожного движения, светофорное регулирование, перекресток, интенсивность движения, технические средства организации движения.

IMPROVING ROAD TRAFFIC SAFETY AT AN INTERSECTION THROUGH COMPREHENSIVE TRAFFIC MANAGEMENT AND THE INTRODUCTION OF TRAFFIC LIGHT CONTROL

A.A. Shtepa¹, N.V. Zelikova², Yu.V. Shchedrina³

^{1,2} Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh,
Russia, alexei_shtepa@mail.ru

³ IskDorProekt LLC

Abstract. The article addresses improving safety at an uncontrolled intersection in Kaluga. A project has been developed for the intersection of the «Annensky – Silikatny» road and Izumrudnaya Street, the central element of which is the installation of a traffic light, with its parameters calculated. The implementation of the proposed measures will enhance the intersection's safety and traffic capacity.

Keywords: road safety, traffic management, traffic light control, intersection, traffic intensity, traffic control devices.

В этих условиях особую актуальность приобретают вопросы повышения безопасности на ключевых элементах улично-дорожной сети, каковыми являются перекрестки. Именно здесь происходит наибольшее количество конфликтов между транспортными и пешеходными потоками. Одним из наиболее эффективных инструментов решения этой задачи является внедрение светофорного регулирования и других инженерных мер организации дорожного движения. Современный подход подразумевает не просто установку светофоров, а комплексное проектирование, включающее архитектурно-планировочные мероприятия и применение интеллектуальных технических средств, основанное на детальном анализе текущих и прогнозных транспортных параметров. [1]

Внедрение автоматизированных систем управления дорожным движением позволяет перейти от пассивного регулирования к активному и адаптивному. Такие системы не только фиксируют нарушения, но и в реальном времени оптимизируют транспортные потоки, повышая пропускную способность магистралей и снижая вероятность заторов. В данном контексте представляет значительный практический интерес разработка научно обоснованных проектных решений для конкретного проблемного объекта. [2] Целью настоящего исследования является разработка комплекса мероприятий по организации дорожного движения на перекрестке автодороги «Анненки – Силикатный» и ул. Изумрудная (г. Калуга), направленных на кардинальное повышение безопасности для всех категорий участников движения, оптимизацию пропускной способности узла и обеспечение полного соответствия проектных решений актуальным законодательным и нормативно-техническим требованиям Российской Федерации.

Проектируемый перекресток характеризуется рядом проблем, обуславливающих повышенный риск аварийных ситуаций и дорожно-транспортных происшествий, а именно:

- нерегулируемое движение: перекресток является нерегулируемым, что приводит к конфликтным ситуациям между транспортными средствами, движущимися по главной (автодорога «Анненки – Силикатный») и второстепенной (ул. Изумрудная) дорогам, а также между транспортными и пешеходными потоками;

- недостаточная инфраструктура: ширина проезжей части автодороги составляет 8 м. (2 полосы), ул. Изумрудной – 4,5 м (2 полосы). Тротуары для движения пешеходов отсутствуют на большей части подходов к перекрестку. Горизонтальная дорожная разметка отсутствует, стационарное электрическое освещение не оборудовано.

- рост транспортной нагрузки: Строительство жилого комплекса «Белые росы» в непосредственной близости от перекрестка приводит к значительному увеличению интенсивности движения, особенно в часы «пик».

Для оценки транспортной нагрузки было проведено исследование интенсивности движения транспортных и пешеходных потоков в течение недели с фиксацией данных в утренний (8:00-10:00), дневной (12:00-14:00) и вечерний (17:00-19:00) часы «пик». Данные обрабатывались с приведением интенсивности к легковому автомобилю с использованием коэффициентов [5]. Направления движения пронумерованы (Рисунок 1).

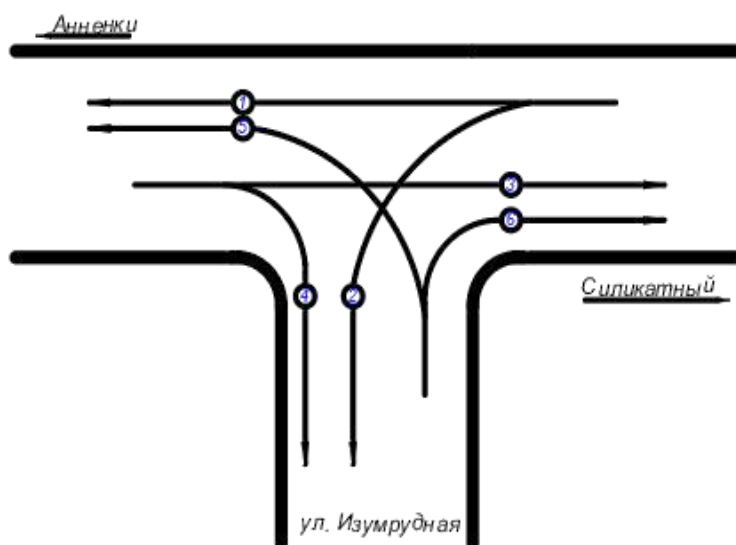


Рисунок 1 – Схема перекрестка и направления движения
Figure 1 – Intersection diagram and traffic directions

Наибольшая интенсивность наблюдается в направлении 1 (мкр. Анненки) и направления 3 (ул. Изумрудная). В утренний час «пик» максимальная приведенная интенсивность в 15-минутном интервале достигала 186 ед./ч (направление 1, 08:15-08:30), а в вечерний – 208 ед./ч (направление 1, 17:15-17:30). Пешеходные потоки также имеют выраженные пики в периоды начала и окончания рабочего дня. Несмотря на отсутствие дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими за последний год, субъективная оценка и анализ конфликтных точек указывают на высокий потенциальный риск.

Для устранения выявленных проблем при выполнении научно-исследовательской работы разработан комплекс проектных решений, включающий архитектурно-планировочные и организационные мероприятия.

Архитектурно-планировочные мероприятия заключаются в уширении проезжей части автодороги «Анненки – Силикатный» на подходах к перекрестку для организации двух полос движения в каждом направлении (уширение въезда-выезда от ЖК «Белые росы» до трех полос), обустройство разворотного кольца для маршрутных транспортных средств с организацией остановочного пункта, обустройство пешеходных переходов: шириной 4,0 м. через автодорогу «Анненки – Силикатный» с подходами и тротуарами.

Организационные мероприятия заключаются в введении светофорного регулирования.

Расчет параметров светофорного объекта выполнен на основе прогнозируемой интенсивности с учетом ввода в эксплуатацию ЖК «Белые росы». Анализ потоков показал целесообразность организации двухфазного регулирования. В основе расчета длительности цикла регулирования лежат данные о промежуточных тактах и расчетных фазовых коэффициентах.

1. Расчет потоков насыщения M_{Hi} и фазовых коэффициентов γ_i по каждому направлению

$$M_H = 1250\gamma_n,$$

где γ_n – коэффициент многополосности.

При наличии нескольких полос движения в каждом направлении рекомендуется принимать в расчетах коэффициент многополосности γ_n , учитывающий взаимные помехи транспортных средств в смежных полосах. Коэффициент многополосности принимается равным для одной полосы движения – 1, двух полос – 1,85, трех полос – 2,55 и четырех полос – 3,05.

– в направлении мкр. Анненки: $M_{H1} = 1250 \cdot 1,85 = 2313$ ед./ч.;

– в направлении ул. Гурьянова: $M_{H2} = 1250 \cdot 1,85 = 2313$ ед./ч.;

– со стороны ул. Изумрудная: $M_{H3} = 1250$ ед./ч.;

– со стороны ЖК «Белые Росы»: $M_{H4} = 1250 \cdot 1,85 = 2313$ ед./ч.

Принимая во внимание существующую интенсивность транспортных и пешеходных потоков, а также перспективную интенсивность, движение на перекрестке может быть организовано в две фазы.

Расчет фазовых коэффициентов

$$Y_n = \frac{N}{M_n},$$

где Y_n – фазовый коэффициент данного направления, N – интенсивность движения транспортных потоков, ед./ч., M_n – поток насыщения в данном направлении данной фазы регулирования, ед./ч.

– в направлении мкр. Анненки: $Y_1 = \frac{1137}{2313} = 0,49$;

– в направлении ул. Гурьянова: $Y_2 = \frac{981}{2313} = 0,42$;

– со стороны ул. Изумрудная: $Y_3 = \frac{88}{1250} = 0,07$;

– со стороны жилого комплекса Белые Росы: $Y_4 = \frac{600}{2313} = 0,26$.

В качестве расчетных для каждой фазы выбираем наибольшие фазовые коэффициенты

$$Y_1 = 0,49 \text{ и } Y_4 = 0,26.$$

Для расчета цикла регулирования принимаем сумму наибольших фазовых коэффициентов: $Y = 0,75$.

Определяем промежуточные такты:

$$T_{\pi} = V_a / (7,2 \cdot aT) + 3,6(li + la) / V_a,$$

где T_{π} – длительность промежуточного такта в данной фазе регулирования, сек., V_a – средняя скорость движения транспортных средств при движении на подходе к перекрестку и в зоне перекрестка без торможения (с ходу), км/ч. Для расчета принимается средняя скорость движения транспортных средств в прямом направлении 50 км/ч., aT – среднее замедление транспортного средства при включении запрещающего сигнала, 4 м/с., li – расстояние от стоп-линии до самой дальней конфликтной точки, м., la – длина транспортного средства, наиболее часто встречающегося в потоке, 5 м.

$$T_{\pi 1} = 50 / (7,2 \cdot 4) + 3,6(30 + 5) / 50 = 4 \text{ сек.},$$

$$T_{\pi 2} = 50 / (7,2 \cdot 4) + 3,6(25 + 5) / 50 = 3 \text{ сек.}$$

Определяем продолжительность промежуточного такта для пешеходов, в течение которого они должны вернуться на тротуар, откуда начали движение.

Вычисляем сумму промежуточных тактов – T_{π} , необходимую для расчета цикла регулирования состоящим из 3 фаз.

$$T_{\pi} = 4 + 3 + 4 = 11 \text{ сек.}$$

Определяем длительность цикла регулирования:

$$T_{\text{ц}} = (1,5 \cdot T_{\pi} + 5) / (1 - Y),$$

где T_{π} – сумма промежуточных тактов, сек., Y – сумма наибольших фазовых коэффициентов.

$$T_{\text{ц}} = \frac{1,5 \cdot 11 + 5}{1 - 0,75} = 112 \text{ сек.}$$

Расчет основных тактов:

$$t_{oi} = ((T_{\text{ц}} - T_{\pi}) \cdot \gamma_i) / Y$$

где $T_{\text{ц}}$ – цикл регулирования, сек., T_{π} – сумма промежуточных тактов, сек., γ_i – фазовый коэффициент соответствующего направления, Y – сумма наибольших фазовых коэффициентов.

$$t_{o1} = 84 \text{ сек. и } t_{o2} = 20 \text{ сек.}$$

Определяем время необходимое для перехода пешеходами проезжей части во 2-ой фазе:

$$T_{\text{пш}} = 5 + \frac{B_{\text{пш}}}{V_{\text{пш}}} = 14,2 \approx 15 \text{ сек.}$$

Определяем степень насыщения направления движения в период максимальных значений интенсивности транспортных потоков:

$$X_n = N_n \cdot T_{\text{ц}} / (M_{Hn} \cdot t_{oi})$$

По главной дороге: $X_1 = 0,83$

По второстепенной: $X_2 = 0,88$

Заторовая ситуация возникает при $X_n > 1$. Так же стоит отметить, что на перекрестке на данный момент отсутствуют малонасыщенные направления и осуществляется их равномерная загрузка.

Расчетный режим светофорного регулирования является оптимальным.

Что касается технического оснащения, то для реализации проекта предусмотрено применение современных технических средств организации движения, а именно светодиодные транспортные (Т.1.2) и пешеходные (П.1.2) светофоры с табло обратного отсчета, с плоским герметичным корпусом и степенью защиты IP65 (установка на прямостоечных и консольных опорах с дублированием над проезжей частью), а также 24 дорожных знака (приоритета, запрещающие, предписывающие, особых предписаний) типоразмера II (изготовленные из оцинкованной стали со световозвращающей пленкой типа А) и горизонтальная разметка по ГОСТ Р 51256-2018 (наносимая с использованием разметочной машины (с высокими показателями яркости и световозвращения).

Проведенное исследование и разработка проектных решений для перекрестка автодороги «Анненки – Силикатный» и ул. Изумрудная демонстрируют высокую эффективность системного подхода к вопросам обеспечения безопасности дорожного движения. Разработанный комплекс мероприятий является не просто набором разрозненных мер, а целостной, научно обоснованной системой, в которой архитектурно-планировочные и организационные решения взаимно дополняют и усиливают друг друга.

Ключевым результатом работы стало обоснование перехода от нерегулируемого режима движения к светофорному регулированию с оптимизированным циклом длительностью 112 секунд. Проведенные расчеты, включающие определение потоков насыщения, фазовых коэффициентов и промежуточных тактов, подтвердили, что предложенная двухфазная схема позволяет эффективно разделить конфликтующие транспортные и пешеходные потоки. Значения степени насыщения направлений, не превышающие критического порога, свидетельствуют об отсутствии риска возникновения заторов в периоды максимальной нагрузки, что подтверждает оптимальность выбранного режима работы светофорного объекта.

Не менее важным элементом проекта являются архитектурно-планировочные мероприятия: уширение проезжей части, обустройство тротуаров и безопасных пешеходных переходов. Эти меры создают физическую основу для безопасного движения, ликвидируя существующие инфраструктурные дефициты. Техническое оснащение проекта современными средствами организации движения – светофорами с табло обратного отсчета, знаками с высококачественной световозвращающей пленкой и долговечной дорожной разметкой – обеспечивает необходимый уровень информированности участников движения и надежности системы в целом. [1]

Реализация данного проекта позволит достичь значительного социально-экономического эффекта. Прежде всего, это проявляется в существенном повышении уровня безопасности для водителей и пешеходов за счет минимизации конфликтных ситуаций. Во-вторых, оптимизация транспортных потоков приведет к сокращению задержек, снижению расхода топлива и уменьшению вредных выбросов. В-третьих, предлагаемые решения обладают значительным адаптационным потенциалом, позволяя перекрестку функционировать в условиях дальнейшего роста транспортной нагрузки от строящегося жилого комплекса «Белые росы».

Таким образом, представленный комплекс проектных решений является эффективным инструментом повышения безопасности и пропускной способности сложного перекрестка. Разработанная методология и полученные результаты могут быть успешно применены при проектировании и реконструкции других аналогичных объектов улично-дорожной сети, что определяет практическую ценность и перспективность проведенного исследования. Для дальнейшего повышения эффективности управления в будущем рассматривается возможность интеграции данного светофорного объекта в общегородскую автоматизированную систему управления дорожным движением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров, В. В. Технические средства организации дорожного движения : учебник / В. В. Петров, Е. В. Парсаев ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)». – Омск : Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2021. – 220 с.

2. Сподарев, С. Р. Мероприятия по повышению пропускной способности дорог, в том числе посредством устранения условий, способствующих созданию помех для дорожного движения или создающих угрозу его безопасности / С. Р. Сподарев, В. В. Васильев, Р. А. Сподарев [и др.] // Развитие современной науки и технологий транспортных процессов : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 15 января 2024 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, 2024. – С. 80-83.

REFERENCES

1. Petrov, V. V. Technical Means of Traffic Management : Textbook / V. V. Petrov, E. V. Parsaev ; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)». – Omsk : Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), 2021. – 220 p.

2. Spodarev, S. R. Measures to Improve Road Capacity, Including by Eliminating Conditions Conducive to Traffic Disruptions or Posing a Threat to its Safety / S. R. Spodarev, V. V. Vasiliev, R. A. Spodarev [et al.] // Development of Modern Science and Technologies of Transport Processes : Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Voronezh, January 15, 2024. – Voronezh: Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 2024. – pp. 80-83.