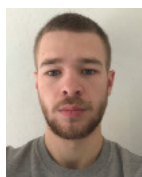


Расчетная оценка безопасности движения на одноуровневых пересечениях дорог



А. М. Плотников,
д. т. н., профессор
Санкт-Петербургского
государственного архи-
тектурно-строительного
университета и Санкт-
Петербургского государ-
ственного университета
аэрокосмического прибо-
ростроения (ГУАП)



Д. О. Баландин,
магистр, ГУАП

Исследована эффективность расчетного метода оценки безопасности движения в очагах аварийности улично-дорожной сети Санкт-Петербурга на X-образных одноуровневых пересечениях дорог. Используются визуализированные и формализованные модели пофазных схем организации движения с конфликтной загрузкой. Полученные результаты подтвердили целесообразность применения указанного метода.

Сегодня в Российской Федерации не используют расчетные оценки безопасности движения (БД) в дорожной среде, в частности на одноуровневых регулируемых и нерегулируемых пересечениях (РП и НП), оснащенных и не оснащенных световой сигнализацией [1]. Для РП и НП такие оценки заменяют статистикой дорожно-транспортных происшествий (ДТП) по очагам аварийности за предшествующий год, приводимой Государственной инспекции безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел Российской Федерации (ГИБДД РФ). Получение расчетной оценки БД до появления статистики ДТП (поступающей с большим опозданием), по существу предупреждает возникновение происшествий, реализуя функцию средства ОБДД (обеспечения безопасности дорожного движения), как того требует ФЗ № 196 от 1995 г. «О БДД» (Ст. 2).

Оба аргумента позволяют рассматривать метод оценки БД на одноуровневых пересечениях дорог как характерный показатель своевременного и значимого для практики средства повышения уровня БД. Усиливают потребность в разработке указанного средства следующие два фактора: установленный приоритет БД по отношению к пропускной способности (Ст. 2. «Основные принципы организации дорожного движения в Российской Федерации», п. 3 ФЗ № 443-ФЗ от 29.12.2017), и статистические данные о числе погибших в ДТП. Последнее получено по случайной выборке 77 действующих X- и T-образных одноуровневых РП и составляет около 22 % от общих среднегодовых потерь

со смертельным исходом на улично-дорожной сети (УДС) в Санкт-Петербурге с 2007 по 2012 г. (Госконтракт КРТИ № НИР-29 от 10.09.2014 г).

Выполненные в работе [2] исследования позволили отнести к разработанным методам оценки БД на одноуровневых пересечениях дорог следующие их виды:

- метод диагностической оценки уровня требований к безопасности движения (УТБД) — $R_{\text{Плmax}}$, который использует данные только о видах и числе конфликтных точек (КТ) в моделях схем организации с конфликтной загрузкой (СОД с КЗ), поэтому он назван малозатратным;

- метод уточненной оценки уровня требований к БД (УТБД) — $R_{\text{Пл}}$, требующий получения дополнительных данных, получаемых в полевых обследованиях интенсивности движения в конфликтных точках СОД с КЗ для транспортно-пешеходных потоков (ТПП) на одноуровневых РП и НП. Поэтому он назван затратным.

К методам оценки БД на пересечениях в одном уровне, не используемых в действующей практике отнесены:

- метод оценки уровня опасности пересечений с нормированным показателем (далее K_a), названный оценкой безопасности движения на пересечениях автомобильных дорог в одном уровне [3,4]. Оценка не применяется на практике из-за сложности получения достоверной статистической информации для ее расчетных формул, использующих данные о КТ в моделях СОД с КЗ и интенсивности движения ТПП в этих КТ, требующих проведения полевых обследований. Поэтому метод такой оценки назван затратным;

• показатель оценки безопасности дорожного движения $R_{\text{шел}}$ [5], который, как и K_a , использует данные о КТ и интенсивности ТПП в конфликтных точках СОД с КЗ, на сегодняшний день существует только на уровне гипотезы. Поэтому в статье он назван затратным.

В зарубежной практике для оценки БД на одноуровневых РП и НП используют лишь качественную оценку БД, которую получают в результате сравнительного анализа вариантов, различающихся видами и численностью КТ в моделях СОД с КЗ; например, для сравнения используется круговое движение — как более безопасное по числу КТ.

Учет в визуализированных (представленных в виде схем конфликтных ситуаций) и формализованных моделях СОД с КЗ факторов, влияющих на возникновение конфликтных ситуаций, обеспечивает обоснование вектора мер предупреждения смертности на перекрестках по полному множеству «опасных» причин возникновения тяжких ДТП. К доминирующим «опасным» факторам, способным вызвать тяжкие ДТП в различных вариантах СОД с КЗ на пересечениях дорог, относят возможный уровень конфликтных ситуаций в разъездах ТПП с КТ: пересечений, слияний, отклонений и наездов (ударов) сзади. Сведения о КТ накапливались в СССР (ВСН 25–86), они сохранены и в ОДМ 218.4.005–2010 вместе с указанным нормированным показателем K_a [4]. Последний сохранен поскольку с его помощью можно оценивать скрытый потенциал возникновения конфликтных ситуаций для любого частного варианта СОД с КЗ на одноуровневых РП и НП.

Однако сегодня информацию о потенциале опасности КТ в СОД с КЗ на одноуровневых РП и НП не используют ни при их проектировании, ни при эксплуатации.

Для демонстрации эффективности применения расчетных оценок БД в статье используется одноуровневый регулируемый перекресток Дальневосточный пр. – ул. Крыленко (одно из 18 мест концентрации ДТП за 2018 год в Невском районе Санкт-Петербурга).

Расчетную оценку уровня обеспечиваемой безопасности движения для указанного РП можно получить с использованием новых малозатратных процедур диагностических оценок уровней требований к безопасности движения — $R_{\text{плmax}}$ в его формализованных моделях СОД с КЗ для пофазных разъездов по следующей формуле [2,6,7]:

$$R_{\text{плmax}} = 0,43 \cdot \text{п} + 0,25 \cdot \text{с} + 0,1 \cdot \text{о} + 0,75,$$

где п, с и о — число КТ в СОД с КЗ на конкретном перекрестке по видам пересечений: транспорт–транспорт (в том числе и транспорт–пешеход), слияний и отклонений соответственно; величина 0,75 учитывает вероятности столкновений (наезда) сзади.

Из приведенной формулы диагностической оценки $R_{\text{плmax}}$ следует, что:

• для ее практического применения на любых одноуровневых X- и T-образных нерегулируемых или регулируемых перекрестках (т. е. пересечениях дорог), различающихся геометрией, используется только информация о конфликтных точках, а значит, не требуются расходы на полевые работы для получения информации по интенсивности движения ТПП;

• для расчетных диагностических оценок уровней требований к безопасности движения — $R_{\text{плmax}}$ необходимы только данные о видах конфликтных точек и их численности в каждом из видов, имеющих место на одноуровневых РП или НП. Такие данные можно получить из визуализированных конфликтных ситуаций в формализованных моделях схем организации движения с видами и числом конфликтных точек, которые формируются в пофазных разъездах транспортных и транспортно-пешеходных потоков с соблюдением Правил Дорожного Движения (ПДД РФ).

В процедуре системного анализа результатов диагностических оценок $R_{\text{плmax}}$ требуется новый понятийный аппарат с уточненными названиями и значениями оценок в интервалах изменения безопасности движения [1, 2] — см. таблицу.

Анализ оценок $R_{\text{плmax}}$, полученных в формализованных моделях СОД с КЗ на X-образном перекрестке (Дальневосточный пр. – ул. Крыленко), осуществляется по шагам в приведенной ниже последовательности [2, 6, 7].

1. С помощью компьютерной графики изображается план исследуемого одноуровневого РП (рис. 1). На план РП наносятся: геометрия, технические средства организации движения (ТСОД), включающие светофоры (транспортные с1 – с12, пешеходные п1 – п12), дорожные знаки, разметку по ГОСТ Р 52282–2004.

2. Разрабатывается визуализированная формализованная модель СОД с КЗ на исходном (действующем) РП для фазы 1 (рис. 2), когда на Дальневосточном пр. горят красные сигналы светофоров, а на ул. Крыленко зеленые — типа Т. 1 по ГОСТ Р 52282–2004.

3. Разрабатывается визуализированная исходная (действующая) формализованная модель СОД с КЗ на РП в фазе 2 (рис. 3), когда по ул. Крыленко горят красные сигналы светофоров, а по Дальневосточному пр. горят зеленые — типа Т. 1 (см. таблицу).

Суммарное значение оценки уровня требований к безопасности движения по двум фазам (рис. 2, 3) в СОД с КЗ на РП составляет $R_{\text{плmax}} = 14,18$ ед., что соответствует недопустимому уровню требований к безопасности движения (НУТБД) (см. таблицу).

4. Разрабатывается вариант сценария формализованной модели СОД с КЗ на НП (рис. 4). Здесь не работают светофоры типа Т. 1 вследствие отключения электропитания на одноуровневом РП. В таких ситуациях РП переходит в НП и функционирует по ПДД РФ с учетом имеющихся ТСОД без работы светофорной сигнализации.

Один из вариантов снижения аварийности на исследуемом перекрестке — изменение модели управления в СОД с КЗ для

Таблица. Понятийный аппарат оценки УТБД — K_a , $R_{\text{плmax}}$ и их количественные значения

Действующие оценки — K_a ед.	меньше 3	3,1–8	8,1–12	больше 12
Виды степени опасности пересечения по ОДМ 218.4.005–2010	Неопасное	Малоопасное	Опасное	Очень опасное
Обоснованные диапазоны уточненных оценок — $R_{\text{плmax}}$ ед.	0 — ≤3	>3 — ≤8	>8 — ≤12	>12
Новый понятийный аппарат, используемый в оценке уровней требований к безопасности движения (УТБД), замещающий аппарат действующих видов	Повышенный (ПУТБД)	Промежуточный (ПрУТБД)	Допустимый (ДУТБД)	Недопустимый (НУТБД)

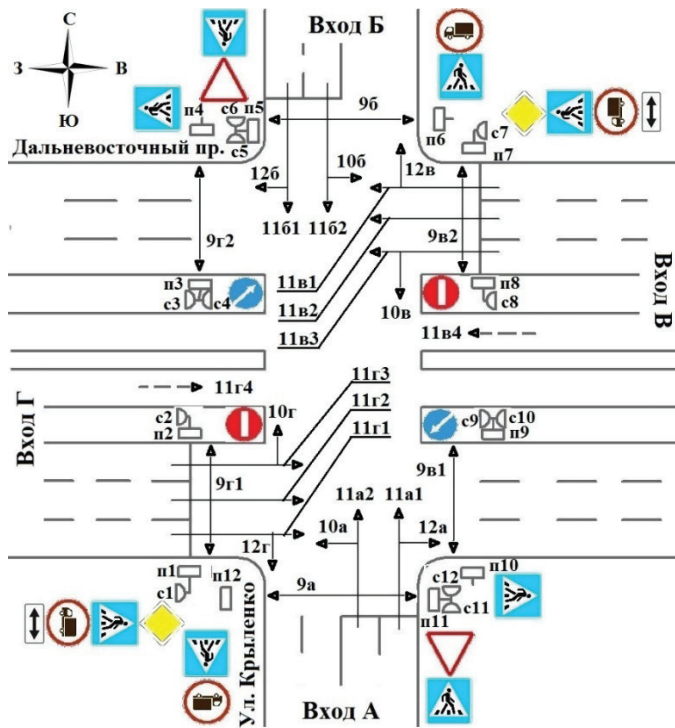


Рис. 1. План исследуемого одноуровневого РП. Формализованные направления движения нумеруются. Так, для транспортных средств: 10 – поворот налево; 11 – движение прямо; 12 – правый поворот; для пешеходных потоков принят номер 9. Вся нумерация имеет привязку к частям света: Вход А – Юг, Вход Б – Север, Вход В – Восток, Вход Г – Запад. При этом варианты направлений движения со стрелками (транспортных и пешеходных потоков) изображаются с соблюдением требований ПДД РФ; направления движения для трамваев (11в4, 11г4) изображаются пунктирными линиями, в отличие от направлений движения других транспортных средств (10а4, 11а4, 12а4). Транспортные и пешеходные светофоры нумеруются по порядку их установки – по часовой стрелке

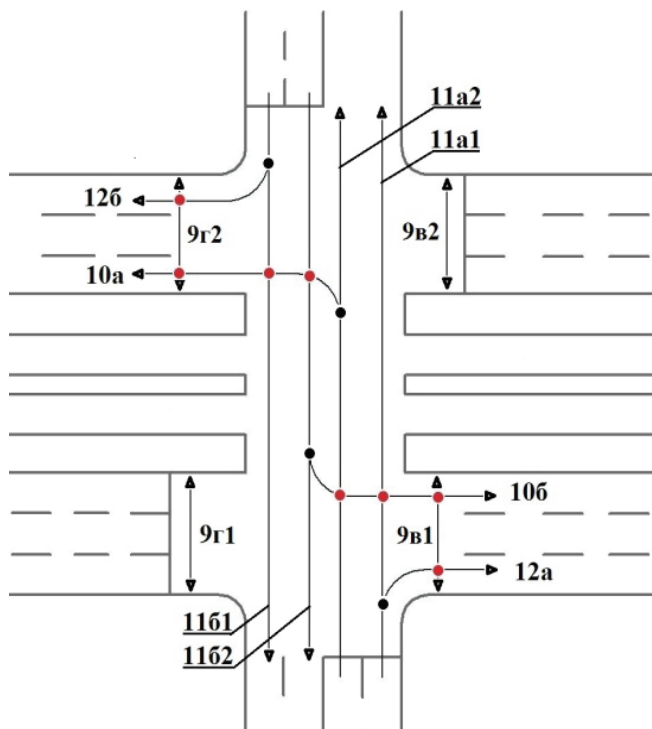


Рис. 2. Исходная (действующая) формализованная модель СОД с КЗ на РП в фазе 1, где конфликтные точки, шт.: пересечений ● – 8; слияний ● – 0; отклонений ● – 4; всего – 12. $R_{\text{Пmax}} = 4,59$ ед., что соответствует ПрУТБД – по таблице промежуточный уровень требований к безопасности движения

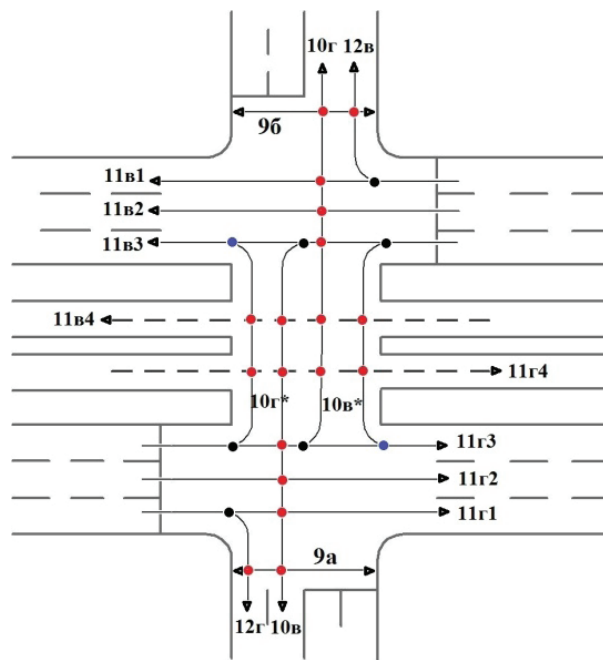


Рис. 3. Исходная (действующая) формализованная модель СОД с КЗ на РП в фазе 2, где конфликтные точки, шт.: пересечений ● – 18; слияний ● – 2; отклонений ● – 6; всего – 26; $R_{\text{Пmax}} = 9,59$ ед. (ДУТБД по таблице)

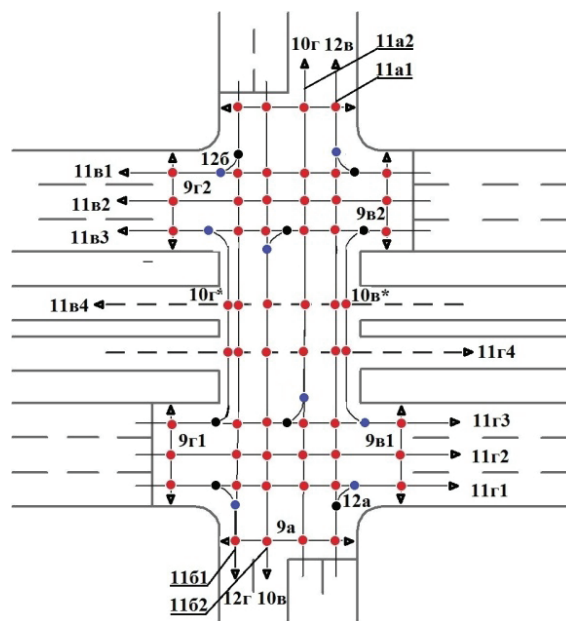


Рис. 4. Вариант сценария формализованной модели СОД с КЗ на НП без светофорной сигнализации, где конфликтные точки, шт.: пересечений ● – 56; слияний ● – 8; отклонений ● – 8; всего – 72; $R_{\text{Пmax}} = 27,63$ ед. (НУТБД по таблице). Этот режим недопустим, необходимо участие регулировщика УГИБДД до включения светофорной сигнализации

фазы 2 (рис. 3). Для этого надо установить на Дальневосточном проспекте вместо светофоров типа Т. 1 (см. рис. 1 – с1, с9 и с7, с4) светофоры типа Т. 1пл с дополнительными секциями для левого и правого поворотов на ул. Крыленко. Такое решение в предлагаемом варианте увеличит общее число фаз в цикле светофорного регулирования с двух до трех. При этом режим работы фазы 1 и ее уровень безопасности останутся неизменными, $R_{\text{Пmax}} = 4,59$ ед.

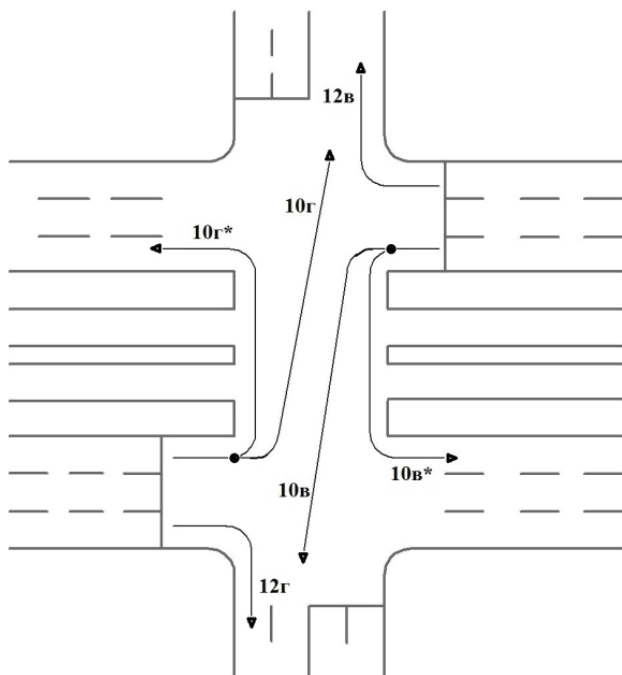


Рис. 5. Предлагаемый сценарий варианта для фазы 2 в формализованной модели СОД с КЗ, где конфликтные точки, шт.: пересечений ● – 0; слияний ● – 0; отклонений ● – 2; всего – 2; $R_{\text{Плmax}} = 0,95$ ед. (ПУТБД по таблице, что соответствует показателю нулевой смертности в фазе 2)

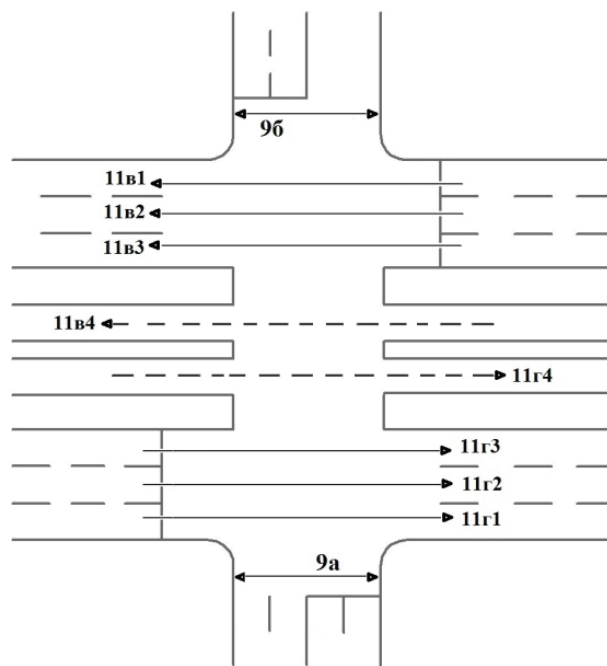


Рис. 6. Предлагаемый сценарий варианта для фазы 3 формализованной модели СОД с КЗ для управления движением трамваев по Входу В и Входу Г, где конфликтные точки, шт.: пересечений ● – 0; слияний ● – 0; отклонений ● – 0; всего – 0; $R_{\text{Плmax}} = 0,75$ ед. (ПУТБД по таблице, что соответствует показателю нулевой смертности в фазе 3)

5. Предлагается сценарий нового варианта для фазы 2 (рис. 5) в формализованной модели СОД с КЗ, где установлены светофоры типа Т. 1пл с дополнительными секциями вместо указанных номеров светофоров типа Т. 1 по ГОСТ Р 52289–2004 на входах перекрестка – Вход В и Вход Г (см. рис. 1). Тогда при одновременном горении зеленых сигналов только в дополнительных секциях светофоров Т. 1пл по Дальневосточному проспекту осуществляется разезд ТПП с повышенным уровнем требований к безопасности движения (ПУТБД), так как в этом сценарии минимизируется число КТ.

6. Предлагается сценарий нового варианта для фазы 3 в формализованной модели СОД с КЗ (рис. 6). При включении основных зеленых сигналов в светофорах типа Т. 1пл (с1, с9 и с7, с4, где дополнительные секции не горят) и в светофорах типа Т. 1 (с2, с3 и с8, с10), используемых для управления трамвайным движением, разрешен проезд (в фазе 3) транспортным средствам прямым направлениям движения, трамваям и проход пешеходов (9а и 9б), при этом осуществляется бесконфликтный разезд ТПП с повышенным уровнем требований к безопасности движения (см. таблицу).

Общий уровень БД в цикле регулирования с предлагаемыми вариантами СОД с КЗ $R_{\text{Плmax}} = 6,29$ ед., по таблице это промежуточный уровень требований к безопасности движения.

Исследуемый одноуровневый перекресток, имеющий исходную оценку с недопустимым уровнем требований к безопасности движения (НУТБД) переведен на промежуточный уровень требований к безопасности движения. Введение фаз 2 и 3 в СОД с КЗ (рис. 5, 6) обеспечило существенное снижение числа и видов КТ относительно исходной СОД с КЗ (рис. 3), что равнозначно снижению аварийности на этом пересечении.

Выполненное в статье исследование потенциала расчетной оценки безопасности движения позволило подтвердить целесообразность ее использования для решения задач малозатратного диагностического аудита, инвентаризации и паспортизации цифровых оценок обеспечиваемой безопасности движения на любых одноуровневых регулируемых и нерегулируемых пересечениях дорог в РФ на стадиях их проектирования и эксплуатации. ■

Литература

1. Плотников А. М. Управление безопасностью дорожного движения на одноуровневых перекрестках: теория и практика. – СПб.: Эксперт. решения, 2014. – 404 с.
2. Плотников А. М. Методология обеспечения безопасности движения на регулируемых пересечениях улично-дорожных сетей мегаполисов: дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 2016. 475 с. – URL: <http://dis.spbgasu.ru/specialtys/personal/plotnikov-anatoliy-mihaylovich>
3. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.
4. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах [Электр. ресурс]: ОДМ 218.4.005–2010: утв. распоряжением Минтранса РФ от 24.06.2002 г. № ОС-557-р: взамен ВСН 25–86; введ. в действие с 24.06.02. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200084056>
5. Организация дорожного движения в городах. Под общ. ред. Ю. Д. Щелкова. – М.: Науч.-исслед. центр ГАИ МВД России. 1995. – 143 с.
6. Плотников А. М. Методология оценки безопасности дорожного движения на регулируемых пересечениях // Вестн. гражд. инженеров. 2016. № 3 (56). С. 227–232.
7. Плотников А. М. Диагностическая оценка безопасности дорожного движения на одноуровневых перекрестках. Свид. о регистр. прог. для ЭВМ № 2019613158. Запер. 12.03.2019.