

М. М. Гуменюк, канд. экон. наук, О. А. Каминская
Автомобильно-дорожный институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донецкий национальный технический университет»
в г. Горловка

АНАЛИЗ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОДВИЖЕНИЯ САЙТА ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА

Актуализирован вопрос обеспечения высокой эффективности работы интернет-магазина за счет повышения посещаемости сайта. Предложенная экономико-математическая модель основана на комплексном применении методов SEO-оптимизации, учитывающих как внешние, так и внутренние факторы влияния.

Модель позволяет не только оптимизировать рейтинговые характеристики сайта в поисковой системе за счет повышения индекса качества сайта, но и заинтересовать пользователей в представленном контенте веб-ресурса.

Ключевые слова: посещаемость сайта, математическая модель, поисковая система, SEO-оптимизация

Введение

Стремительное развитие информационных технологий и новый этап развития экономических отношений способствуют активному распространению электронной коммерции. В современном мире популярность онлайн-покупок постоянно растет. Заказ товаров в интернет-магазине избавляет покупателя от необходимости ходить по магазинам и проводить время в очередях. Рост онлайн-торговли не только упрощает жизнь потребителей, но и способствует увеличению экономической активности населения.

Создание веб-сайтов представляет собой сложный и многогранный процесс, требующий применения разнообразных методов, технологий и подходов. Существует множество различных подходов к разработке веб-сайтов, и некоторые из них оказываются более эффективными, чем другие.

Однако, чтобы веб-сайт приносил прибыль и занимал высокие позиции в поисковых системах, необходимо приложить значительные усилия. Конкуренция в этой области весьма высока, и необходимо постоянно совершенствовать и оптимизировать сайт, чтобы он оставался актуальным и привлекательным для пользователей [1].

В условиях современного информационного пространства существует ряд трудностей, с которыми сталкиваются веб-ресурсы, пренебрегающие тщательной оптимизацией факторов, влияющих на уровень посещаемости. Одна из проблем – недостаточная видимость веб-ресурса в поисковых системах, что отражается его отсутствием в первых результатах поиска. Это снижает вероятность привлечения органического трафика на сайт.

Современным решением являются применение внутренних и внешних методов Search Engine Optimization (SEO). Они включают в себя оптимизацию контента и структуры веб-ресурса с целью его соответствия критериям поисковых алгоритмов. SEO-оптимизация способствует повышению позиций сайта в результатах поиска, что, в свою очередь, увеличивает вероятность его посещения.

Анализ публикаций

В ходе исследования были проанализированы научные труды отечественных и зарубежных авторов, среди которых следует отметить П. В. Пестерева, А. Г. Янишевскую [2], М. С. Шахбазову, А. А. Алиева [3], М. Ф. Ванину [4]. Данные работы создали достаточно

хорошую теоретико-методологическую базу реализации SEO-оптимизации в продвижении сайта. Однако, как показывает практика, несмотря на применение метода SEO-оптимизации, результат поиска не всегда удовлетворяет запросы владельца сайта. Это актуализирует задачу разработки математического обеспечения процесса повышения эффективности работы сайта и поисковой выдачи. В частности важным вопросом является обеспечение возможностей соотношения посещаемости страниц сайта и их ранжирования, а также сравнение посещаемости и оценки эффективности использования контента сайта по сравнению с конкурентами.

Цель исследования

Анализ экономико-математической модели процесса продвижения сайта интернет-магазина на основе внешней и внутренней SEO-оптимизации.

Основная часть

Одним из наиболее известных в интернет-маркетинге инструментов, который в результате своего правильного внедрения позволяет увеличить посещаемость веб-страницы не только по количеству, но и по качеству, является SEO.

SEO-продвижение позволяет сделать ресурс соответствующим основным требованиям поисковых систем, повысить степень доверия к нему. Это один из самых эффективных способов привлечения внимания. Грамотное SEO-продвижение приведет на ресурс целевую аудиторию из поисковой системы.

Также немаловажными факторами для интернет-магазина являются:

- тематический индекс цитирования;
- внешний вид сайта;
- алгоритмы поиска на сайте;
- отсутствие перегруженности рекламными элементами.

Эффективное SEO помогает разместить веб-страницу на странице результатов поисковой системы. Методы SEO-оптимизации делятся на три группы: белые, черные и серые.

White Hat SEO, или «белая» поисковая оптимизация, представляет собой этические и одобренные методы улучшения позиций сайта в результатах поисковых систем. Эти методы следуют всем руководствам и правилам, установленным поисковыми системами, такими как Google. Основная цель White Hat SEO заключается в создании качественного контента и обеспечения положительного пользовательского опыта. Еще один важный аспект – это улучшение скорости загрузки страниц и мобильной оптимизации, что обеспечивает положительный пользовательский опыт на всех устройствах.

Данные методы включают в себя создание оригинального, информативного и полезного контента, который отвечает на вопросы пользователей и решает их проблемы. Также важным аспектом является оптимизация ключевых слов, которая включает исследование и интеграцию релевантных ключевых слов в контент, мета-теги и заголовки, чтобы улучшить видимость в поисковых системах.

«Черная» оптимизация (Black Hat SEO) включает в себя все методы, запрещенные правилами поисковой системы. Среди них можно отметить: использование страниц и ресурсов, специально разработанных для роботов поисковых систем, внедрение так называемого маскирования (пользователю предоставляется одна страница, которая легко читается, а для робота оптимизирована под любой запрос), использование скрытого текста на страницах сайта [5].

Метод «серой» оптимизации (Gray Hat SEO) представляет собой методы, которые находятся на грани между разрешенными практиками (White Hat SEO) и нарушающими правила поисковых систем (Black Hat SEO). Эти методы могут включать в себя использование устаревших доменов с высоким авторитетом, покупку или обмен ссылками для улучшения ранжирования, создание частных сетей блогов для создания обратных ссылок и спиннинг

контента, когда создаются множество похожих статей с небольшими изменениями. Gray Hat SEO также может включать использование скрытых ссылок, которые невидимы для пользователей, но могут быть обнаружены поисковыми системами. Основное преимущество заключается в возможности быстрого улучшения позиций в поисковой выдаче за счет более агрессивных стратегий.

Математическое обеспечение играет важную роль в повышении эффективности SEO-оптимизации. Оно закладывает принципы, создает алгоритмы, позволяющие анализировать большие объемы данных, выявлять закономерности и тенденции, а также прогнозировать результаты оптимизации. Кроме того, оно позволяет создать эффективную и безопасную стратегию SEO-оптимизации, которая будет способствовать увеличению посещаемости сайта [4].

Задачами при построении математической модели SEO-оптимизации являются: анализ ключевых слов, оптимизация контента, анализ конкурентов, моделирование поведения пользователей, анализ обратных ссылок и мониторинг с корректировкой. Анализ ключевых слов включает определение наиболее релевантных и популярных запросов, которые пользователи вводят в поисковые системы, с использованием инструментов для исследования ключевых слов. Анализ конкурентов предполагает изучение стратегий и методов, используемых конкурентами, для выявления их сильных и слабых сторон.

Моделирование поведения пользователей включает прогнозирование действий на сайте, таких как клики, время на странице и конверсии, с использованием аналитических инструментов и методов машинного обучения. Анализ обратных ссылок оценивает качество и количество внешних ссылок, ведущих на сайт, и их влияние на рейтинг в поисковых системах. Наконец, мониторинг и корректировка предполагают постоянное отслеживание результатов и внесение изменений в стратегию SEO на основе полученных данных. Эти задачи помогают создать комплексную и эффективную стратегию SEO, улучшая видимость сайта в поисковых системах и привлекая больше целевого трафика [6].

Применение математических алгоритмов для расчета влияния различных факторов на ранжирование сайта в поисковых системах поможет определить, какие меры следует предпринять для улучшения ранжирования. Использование математических моделей для оптимизации скорости загрузки сайта позволяет создать удобный для пользователей сайт, оптимизированный для поисковых систем. Для этого можно использовать методы оптимизации функций, которые позволяют найти оптимальное решение задачи с учетом ограничений (например, размера контента).

Математические методы позволяют проводить анализ поведения пользователей на сайте. Это помогает выявить наиболее популярные страницы и элементы сайта, которые привлекают наибольшее количество посетителей.

Рассмотрим две экономико-математические модели процесса продвижения сайта интернет-магазина. Первая модель позволяет сопоставить данные о количестве просмотров страниц, принадлежащих одному веб-ресурсу. Вторая модель основана на теории цепей Маркова, позволяет сравнивать различные веб-ресурсы по уровню удобства для пользователей. Применение моделей будет иметь большое значение для успешного продвижения и увеличения прибыли интернет-магазина [7].

Модель 1 – Полумарковский процесс.

Проанализируем переходы между страницами веб-сайта. Для этого необходимо смоделировать начальное состояние посетителя, который может попасть на сайт с другого сайта или путем прямого ввода URL-адреса одной из страниц.

$$P_k = \sum_{j=0}^K \pi_{jk} P_j, k = 0, 1, \dots, K, \quad (1)$$

где P_k – итоговая вероятность нахождения пользователя на странице k ;

$\sum_{j=0}^K$ – операция суммирования по всем страницам j от 0 до K ;

π_{jk} – вероятность перехода пользователя со страницы j на страницу k ;

P_j – вероятность нахождения пользователя на странице j ;

K – общее количество рассматриваемых страниц.

В контексте моделей ранжирования веб-страниц или марковских процессов эта формула позволяет вычислять вероятность нахождения системы в состоянии k на основе вероятностей нахождения в других состояниях j и переходных вероятностей между этими состояниями, в нашем случае переход между страницами.

Далее мы рассчитаем ранжирование страниц веб-сайта на основе их важности и релевантности. Допустим, у вас есть несколько страниц, каждая из которых имеет свою важность (вероятность того, что пользователь на нее перейдет) и релевантность (достоверность информации на странице). Чтобы определить ранг на веб-странице, используем формулу:

$$Q_i = P_i \langle T_i \rangle \sum_{j=0}^K P_j \langle T_j \rangle^{-1}. \quad (2)$$

где P_i – вероятность нахождения пользователя на странице i ;

$\langle T_i \rangle$ – среднее время пребывания пользователя на странице i ;

P_j – вероятность нахождения пользователя на странице j ;

$\langle T_j \rangle$ – среднее время пребывания пользователя на странице j .

Таким образом, формула позволяет рассчитать нормализованный ранг Q_i страницы, учитывая ее важность и релевантность по сравнению с другими страницами. Это полезно для поисковых систем и алгоритмов ранжирования, которые стремятся предоставить наиболее релевантные результаты пользователю.

Затем, мы воспользуемся формулой, с помощью которой можно оценить вероятность того, что пользователь перейдет с одной страницы на другую за определенное количество шагов.

$$g_{ij}(n, t) = P\{n(t) = n, S(t) = S_j \mid S_{(0)} = S_i, n(0) = 0\}, \quad (3)$$

где $g_{ij}(n, t)$ – вероятность того, что после n переходов и в момент времени t , пользователь окажется на странице S_j , начиная с S_i ;

$P\{\}$ – оператор вероятности;

$n(t)$ – значение параметра n в момент времени t ;

$S(t)$ – состояние системы в момент времени t ;

S_i, S_j – начальная и конечная страница;

$n(0) = 0$ – начальное условие для параметра n .

После этого определим вероятность того, что пользователь окажется на определенной странице после нескольких переходов и за определенное время. Воспользуемся формулой, которая поможет определить, какие страницы на сайте являются наиболее популярными и какие переходы происходят чаще всего.

$$Q_{ij}(n+1, t) = \sum_{m=0}^n \int_0^t g_{ij}(m+1, \tau) Q_{ij}(n-m, \tau) d\tau, \quad (4)$$

где $\sum_{m=0}^n$ – суммирование по переменной m от 0 до n ;

\int_0^t – интеграл по времени от 0 до t ;

$g_{ij}(m+1, \tau)$ – вероятность нахождения пользователя на странице S_j через $m+1$ шагов времени τ после начального состояния S_i ;

$Q_{ij}(n-m, \tau)$ – вероятность нахождения пользователя на странице S_j через $n-m$ шагов времени τ ;

$d\tau$ – дифференциал времени в интеграле.

Последним шагом необходимо оценить влияние различных страниц на общий ранг, принимая во внимание время, проведенное на каждой странице и переходы между ними.

Предположим, пользователь начинает свое путешествие по сайту на странице i . Начальный ранговый балл этой страницы задается функцией $H_i(t)$. Вероятности переходов между страницами задаются матрицей переходных вероятностей π_{ik} . Плотность вероятности перехода $f_{ik}(\tau)$ описывает вероятность того, что переход произойдет в момент времени τ .

Для этого воспользуемся следующей формулой:

$$Q_{ij}(t) = \delta_{ij}H_i(t) + \sum_{k=0}^K \pi_{ik} \int_0^t f_{ik}(\tau) Q_{kj}(t-\tau) d\tau, \quad (5)$$

где δ_{ij} – Кронекеровская дельта, которая равна 1, если $i = j$, и 0 в противном случае;

$H_i(t)$ – функция, представляющая начальный ранговый балл страницы i в момент времени t ;

$\sum_{k=0}^K$ – суммирование по всем возможным промежуточным страницам k от 0 до K ;

π_{ik} – вероятность перехода со страницы i на страницу k ;

\int_0^t – интеграл по времени от 0 до t ;

$f_{ik}(\tau)$ – функция, представляющая плотность вероятности перехода со страницы i на страницу k в момент времени τ ;

$Q_{kj}(t-\tau)$ – ранговый балл страницы j в момент времени $t-\tau$, исходя из того, что процесс начался на странице k ;

Используя эту формулу, мы можем вычислить ранговый балл страницы j в момент времени t , суммируя и интегрируя все возможные переходы и временные интервалы. Это позволит учитывать влияние различных страниц и переходов на общий ранг, оптимизировать структуру сайта и улучшить пользовательский опыт.

Полумарковский процесс может анализировать показатели посещаемости страниц одного веб-ресурса, однако модели не под силу сравнивать различные сайты по уровню их дружелюбия к пользователям.

Модель 2 – Марковская цепь.

Она опирается на очевидный практический факт: чем больше сайт привлекает посетителей, тем глубже они исследуют его содержимое. Иными словами, вероятность того, что пользователь будет «углубляться» в структуру сайта, можно рассматривать как индикатор

его ценности в более широком смысле, включая такие аспекты, как качество информации, удобство интерфейса, навигационные возможности и так далее.

Цель данной модели заключается в том, чтобы на основе данных о поведении пользователей прогнозировать их дальнейшие действия и выявлять ключевые моменты, связанные с изменением уровня вовлеченности.

Это особенно полезно для оптимизации пользовательского опыта, разработки стратегий удержания аудитории и повышения конверсии. Например, если модель показывает высокую вероятность перехода в нисходящее состояние, это может стать сигналом к внедрению изменений на сайте, таких как улучшение структуры контента, добавление рекомендаций, персонализированных предложений, оптимизацию ключевых слов и мета-описаний [8].

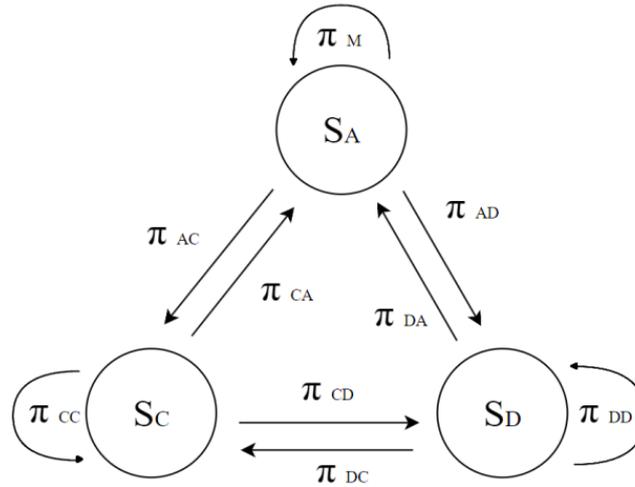


Рисунок – Граф процесса посещения сайта по модели Марковской цепи [7]

Состояние S_A называется «вверх», и характеризуется постепенной утратой интереса пользователя, приближая его к выходу из сайта. Состояние S_C обозначает «по горизонтали» поведение, при котором пользователь сохраняет умеренный интерес и остается на сайте, но без явного увлечения новым контентом. Состояние S_D называется «вглубь», и в нем пользователь активно интересуется контентом сайта.

Марковскую цепь можно представить как аппроксимацию случайного процесса с произвольным счетным числом состояний, знаковым процессом разностей первого порядка, область изменения которого содержит только три элемента: $S_A(N_i - N_{i-1} < 0)$, $S_D(N_i - N_{i-1} > 0)$ и $S_C(N_i - N_{i-1} = const = 0)$.

Статистические оценки элементов матрицы переходных вероятностей модели 2, определяются по результатам наблюдения за посещениями сайта и вероятности нахождения на конечной странице сайта.

$$\pi = \begin{vmatrix} \pi_{AA} & \pi_{AD} & \pi_{AC} \\ \pi_{DA} & \pi_{DD} & \pi_{DC} \\ \pi_{CA} & \pi_{CD} & \pi_{CC} \end{vmatrix}, \quad (6)$$

Значения P_A , P_D и P_C , вероятность обозначим P , можно использовать для прогнозирования полезности сайта для пользователей, исходя из предположения, что движение «вглубь» (пребывание в состоянии S_D) или «по горизонтали» (состояние S_C) в структуре сайта означает, что посетители заинтересованы в изучении его содержания.

Вывод

Проведенные ранее исследования создали обширную теоретико-методологическую базу для реализации SEO-оптимизации в продвижении веб-сайтов. Однако практика показывает, что, несмотря на использование методов SEO-оптимизации, результаты поиска не всегда удовлетворяют запросы владельцев сайтов. Это подчеркивает необходимость разработки математического обеспечения для повышения эффективности работы сайтов и улучшения их позиций в поисковой выдаче.

Важным аспектом моделирования является обеспечение корреляции между посещаемостью страниц сайта и их ранжированием, а также сравнительный анализ посещаемости и оценки эффективности использования контента сайта по сравнению с конкурентными. Эффективное SEO позволяет разместить веб-страницу на первых позициях в результатах поисковых систем.

Модель «Полумарковский процесс» дает возможность анализировать данные о просмотрах страниц в пределах одного веб-ресурса, что помогает оценить активность пользователей и популярность контента. Модель «Марковская цепь» позволяет сравнивать разные веб-ресурсы с точки зрения их удобства для пользователей, выявляя наиболее эффективные решения. Использование этих моделей играет ключевую роль в успешном продвижении интернет-магазина, способствуя оптимизации пользовательского опыта.

Таким образом, математическое обеспечение продвижения сайта в поисковых системах и его применение в SEO-оптимизации открывает новые возможности для повышения эффективности продвижения веб-сайтов. Будущие исследования и разработки в этой области будут способствовать созданию более качественных и конкурентоспособных онлайн-ресурсов.

Список литературы

1. Батейкина, А. Л. SEO-оптимизация: как повысить видимость сайта в поисковых системах / А. Л. Батейкина, А. В. Свищёв. – Текст : электронный // Международный научно-практический электронный журнал : моя профессиональная карьера. – Т. 2, № 54. – 2023. – С. 82–87. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54961830>.
2. Пестерев, П. В. Математическая модель и алгоритм определения показателя страницы для ранжирования в результатах выдачи мультиагентной поисковой системы / П. В. Пестерев, А. Г. Янишевская // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2018. – № 9(70). – С. 47–55.
3. Алиев, А. А. SEO-продвижение для маркетплейсов: оптимизация карточек товара / А. А. Алиев, М. С. Шахбазова // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 92(Ч. 10). – С. 31–33.
4. Ванина, М. Ф. Использование математических моделей при проектировании и оценке эффективности функционирования интернет-сайтов / М. Ф. Ванина, А. Г. Ерохин, Е. А. Фролова // Экономика и качество систем связи. – 2017. – № 2. – С. 14–21.
5. Прохорова, А. М. SEO-оптимизация / А. М. Прохорова // Евразийский Союз Ученых. – 2016. – № 30. – С. 79–82.
6. Мороз, Н. В. SEO оптимизация как технология продвижения сайта / Н. В. Мороз. – Текст : электронный // Аллея науки : научно-практический электронный журнал. – 2018. – Т. 1, № 5(21). – С. 1005–1007. – URL: https://alley-science.ru/domains_data/files/5648MAY1821/SEO%20OPTIMIZACIYa%20KAK%20TEHNOLOGIYa%20P RODVIZhENIYa%20SAYTA.pdf.
7. Горбунов, А. Л. Марковские модели посещаемости веб-сайтов / А. Л. Горбунов. – Текст : электронный. – URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/1334/1/IMAT_2007_08.pdf.
8. Тапхарова, О. А. Техники поисковой оптимизации (SEO) для повышения видимости веб-сайта в поисковых системах / О. А. Тапхарова // Бизнес-образование в экономике знаний. – 2021. – № 2. – С. 108–111.

М. М. Гуменюк, О. А. Каминская

Автомобильно-дорожный институт (филиал)

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения

высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка

Анализ экономико-математической модели оптимизации процесса продвижения сайта

интернет-магазина

Стремительное развитие информационных технологий и новый этап развития экономических отношений способствуют активному распространению электронной коммерции. Заказ товаров в интернет-магазине избавляет покупателя от необходимости проводить время в очередях. Рост онлайн-торговли не только упрощает жизнь

потребителей, но и способствует увеличению экономической активности.

Чтобы веб-сайт приносил прибыль и занимал высокие позиции в поисковых системах, необходимо приложить значительные усилия. Конкуренция в этой области высока, необходимо постоянно улучшать и оптимизировать свой сайт, чтобы он оставался актуальным и привлекательным для пользователей. Одной из проблем является низкая видимость сайта, из-за чего он не отображается на первых страницах поисковых результатов. Проанализированы модели, первая «Полумарковский процесс» может соотнести показатели посещаемости страниц, принадлежащих одному сайту. Вторая модель «Марковская цепь» может сравнивать разные сайты по степени дружелюбности к посетителям. Эти модели играют важную роль в эффективном продвижении интернет-магазина, улучшая пользовательский опыт и повышая его оптимизацию.

Одним из современных решений продвижения сайта в поисковых системах является использование методов SEO. Этот процесс включает в себя оптимизацию контента и структуры веб-ресурса с целью его соответствия критериям поисковых алгоритмов. SEO-оптимизация способствует повышению позиций сайта в результатах поиска, что, в свою очередь, увеличивает вероятность его посещения пользователями.

ПОСЕЩАЕМОСТЬ САЙТА, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, ПОИСКОВАЯ СИСТЕМА, SEO-ОПТИМИЗАЦИЯ

M. M. Gumeniuk, O. A. Kaminskaia
Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution
of Higher Education «Donetsk National Technical University» in Gorlovka
Analysis of the Economic and Mathematical Model for Optimizing
the Online Store Website Promotion

The rapid development of information technology and a new stage in the development of economic relations contribute to the active spread of e-commerce. Ordering of goods from online stores saves the customer from spending time in queues. The growth of online commerce not only simplifies the lives of consumers, but also contributes to the economic activity increase.

In order for a website to be profitable and rank high in search engines, it takes a lot of efforts. The competition in this area is high, so it is necessary to constantly improve and optimize your website to keep it relevant and attractive to users. One of the problems is the low site visibility, due to which it does not appear on the first pages of search results. Different models were analyzed. The Semi-Markov Process model can correlate the traffic indicators of pages belonging to the same site. The second model, the Markov Chain, can compare different sites according to their friendliness to visitors. These models play an important role in the effective promotion of an online store, improving the user's experience and increasing its optimization.

One of the modern solutions for website promotion in search engines is the use of SEO techniques. This process includes optimizing the content and structure of a web resource in order to meet the criteria of search algorithms. SEO optimization helps improve the site's position in search results, which, in turn, increases the likelihood that users will visit it.

SITE TRAFFIC, MATHEMATICAL MODEL, SEARCH ENGINE, SEO OPTIMIZATION

Сведения об авторах:

М. М. Гуменюк

SPIN-код РИНЦ: 2222-2932

Телефон: +7 949 412-79-07

Эл. почта: misha_gumenyuk@mail.ru

О. А. Каминская

Телефон: +7 949 447-28-19

Эл. почта: fetik2019@mail.ru

Статья поступила 29.10.2024

© М. М. Гуменюк, О. А. Каминская, 2024

*Рецензент: В. Л. Николаенко, канд. техн. наук, доц.,
 Автомобильно-дорожный институт
 (филиал) ДонНТУ в г. Горловка*