

1.2. ANALYSIS OF GEOMETRIC SHAPES FOR THE CONSTRUCTION OF TILE TILES AND THEIR METHODS OF FORMATION IN 2D AND 3D WITH THE USE OF MODERN CAD

Архитектурный вид современного города зависит не только от зданий и сооружений, которыми оно застроено, но во многом и от ландшафта и их окружения. До недавнего времени традиционными материалами в городском строительстве были слабо выразительный железобетон и асфальт. В настоящее время появились технологии, которые позволяют сделать вид любого двора, площади, пешеходной зоны, АЗС или стоянки в прямом смысле неповторимым. Речь идет об искусственной тротуарной плитке, растущая популярность которой объясняется не только разнообразием ее конфигураций и богатством цветовой гаммы, но и некоторыми техническими преимуществами. Так как тротуарная плитка укладывается на песок, на ней никогда не скапливаются лужи воды. Дело в том, что вся вода просачивается в песок между плитками.¹³ Благодаря этому дорога или площадка, вымощенная тротуарной плиткой, никогда не страдает от образования на ней луж или ям. Уникальность тротуарной плитки еще и в том, что она является материалом, который можно использовать много раз, а ремонт можно делать легко, меняя сегменты на новые элементы. Вибролитая тротуарная плитка очень прочная и долговечная. Ей не страшны перегрузки, отлично выдерживает температурные перепады и погодные условия. Считается, что брусчатка и плитка гораздо надежнее, чем бетонное мощение или асфальт. Сегментная система укладки учитывает расширение и сокращение дороги в разное время года, поэтому не образуются трещины на поверхности, как например, на асфальтовом покрытии. Трещины могут быть вызваны прорастанием растений или корней деревьев, также асфальт может плавиться от летней жары. Для производства тротуарной плитки не используют вредных примесей, которые при нагревании выделяют канцерогенные вещества и неприятный запах.¹⁴

Итак, тротуарная плитка имеет целый ряд преимуществ:

1. Дизайн
2. Экономичность
3. Легкость ухода
4. Долговечность
5. Ремонтопригодность
6. Прочность
7. Морозостойкость
8. Экологичность

История тротуарной плитки неразрывно связана с историей строительства вообще и с появлением бетона частности. Первый бетон, точнее, бетонный пол толщиной 25 см был обнаружен археологами в Югославии в одной из местных хижин на берегу Дуная. Находка, представляющая собой смесь из красной извести и мелкого гравия, относится примерно к 5600-му году до нашей эры. Изобретение тротуарной плитки стало скорее вынужденной мерой, чем творческим порывом – развивалась торговля, строились города и дороги, природных материалов не хватало, приходилось придумывать. Но настоящая тротуарная плитка появилась в Европе только в начале XIX века. «Авторами проекта» были голландцы – ввиду дефицита и дороговизны натуральных камней амстердамские умельцы придумали технологию и занялись производством бетонных тротуарных плиток маленького размера, которых хватило, чтобы проложить вполне приличную торговую дорогу от Амстердама до Гарлема (пригород нидерландской столицы, расположен в 20 км). Дорога понравилась, и вскоре эта технология стала пользоваться хорошим спросом по всей стране, а затем и в соседних государствах. Тротуарную плитку благополучно забыли до 90-х лет. Новые экономические условия позволили возродить промышленное производство искусственного

¹³ К.И. Lvovich, Populyarnoe betonovedenie, 1(15), 180-181 (2007)

¹⁴ V. Korsun, N. Vatin, A. Korsun, D. Nemova, Applied Mechanics and Materials, 723, 445-450 (2015)

камня, объемы потребления стали расти, ее заказывали не только крупные застройщики, но и частники, с удовольствием раскупали тротуарную плитку для обустройства садовых дорожек и загородных усадеб. Появление тротуарной плитки различных форм и цветов стало настоящим прорывом, ею заинтересовались ландшафтные дизайнеры и архитекторы.¹⁵

Современный городской вид украшают не только домами, малыми формами и озеленением. Не менее важно украшение дорог, площадей и тротуаров тротуарной плиткой, а также брусчаткой. Некачественное дорожное покрытие испортит общую картину городского ландшафта.¹⁶ В наше время выбора дорожного покрытия уделяется особое внимание. В журналах по архитектуре и дизайну эта тема обсуждается постоянно. Предлагаются самые разнообразные материалы для мощения, здесь и брусчатка, и фигурный камень и тротуарная плитка.

Выбор покрытия дорог зависит от места, где оно будет использоваться. На сегодняшний день наиболее популярными считаются такие материалы, как брусчатка, изготовленная из вибробетона, искусственного камня и других композитных материалов, внешним видом повторяют кирпич, гранит и песчаник, но гораздо дешевле и прочнее своих аналогов.

Для торговых зон города, а также для мест общественного пользования в основном используется массивная брусчатка, которая позволяет создавать ровное и прочное покрытие. Совершенно другим образом можно выложить тротуарную плитку на бульварах, в парках, скверах, где максимум внимания уделяется озеленению и ландшафтному дизайну. Мостовую можно выложить фигурными линиями на холмистых поверхностях. Детскую площадку можно выложить тротуарной плиткой в виде природных камней, придумав оригинальное оформление в виде яркой композиции из тротуарной плитки. Также имеет место производство тротуарной плитки повышенной прочности, которая способна выдержать вес автомобиля, благодаря чему есть возможность совмещать проезды и пешеходные дорожки. Облагораживая свое жилье, человек желает, чтобы его двор и сад выглядели уникальными и оригинальными. Именно по этой причине некоторые приглашают ландшафтных дизайнеров-профессионалов, остальные используют свои фантазии и желания для укладки тротуарной плитки.

Существует две технологии производства тротуарной плитки: вибропрессование и вибролитье в формы, и включает в себя три элемента – песок, цемент и краситель. В отличие от других бетонных изделий, она создается безарматурным способом, то есть в ней отсутствует металлическая арматура. Но при этом тротуарная плитка удивительно устойчива к стиранию, и прекрасно выдерживает до трехсот температурных циклов благодаря повышенной морозостойкости. Из чего следует, что тротуарная плитка в наших широтах способна полноценно прослужить не менее тридцати лет.

При вибропрессовании используются жесткие смеси с небольшим содержанием воды. Это обеспечивает низкий расход цемента и высокую прочность готовой тротуарной плитки. Такая тротуарная плитка имеет жесткую поверхность, высокую морозостойкость. Она хорошо подходит для мощения городских улиц. Вибролитьем получают гладкую и морозостойкую тротуарную плитку путем заливки бетонной смеси в специальные пластиковые формы, которые размещены на столе с вибратором.¹⁷

На сегодняшний день в любом городе или поселке можно наблюдать современные тротуары и площадки, на которых уложена тротуарная плитка. Кроме городского хозяйства, тротуарная плитка является незаменимым материалом для укладки дорожек на частных участках. Дизайнеры инициативно воплощают в жизнь все её возможности для реализации своих творческих проектов. Приятная текстура и фактура плитки обеспечили ей популярность в сфере дизайна. Качественная тротуарная плитка имеет огромное

¹⁵ O.N. Pertseva, S.G. Nikolskiy, Magazine of Civil Engineering, 3(47), 71-76 (2014)

¹⁶ C. Gehlen, F. Duran, D. Lowke, Betonwerk und Fertigteil-Technik, 80(2), 40-41 (2014)

¹⁷ Gusev B., Falikman V. Structural concrete in the age of sustainable development / An ACI Technical Publication. Durability and Sustainability of Concrete Structures -Workshop Proceedings Italy, ACI, 2015. pp. 36.1-36.8

разнообразие размеров, форм и расцветок. Качественно уложенная плитка обеспечивает превосходную защиту от влаги и от прорастания травы.

Искусственный брусчатка – это бетонный элемент высотой сечения не менее 60 мм, площадь несущей поверхности не более 0,05 м² и максимальной длиной 28 см и 30 см для прямоугольного и фасонного искусственного камня соответственно. Брусчатка производится толщиной 60, 70, 80 или 100 мм. Требования к искусственной брусчатке указаны в следующих документах: ГОСТ 17608-91 "Бетонные тротуарные плиты. Технические условия", TS 5746-001-33157194-97 "Искусственные камни дорожного покрытия", TS 5746-018-03984296-2004 "Бетон тротуарные изделия" и TS 5746-020-03984296-2005 "Бетонные тротуарные плиты с текстурированной поверхностью". Бетонные тротуарные плитки изготавливают из тяжелого и мелкозернистого (песчаного) бетона и применяются для сборных дорожек, пешеходных и парковых дорожек, пешеходных зон и мест загрузки общественного транспорта.¹⁸

Во время воплощения дизайнерского проекта в жизнь возникает вопрос о точном количестве плитки. В то время когда подсчет плитки для прямоугольных контуров не вызывает трудностей, гораздо сложнее сделать расчет плитки со сложными контурами. Подсчет может занять некоторое время, и не исключена возможность человеческой ошибки. В результате можно получить дополнительные расходы из-за неправильного подсчета площади тротуарной плитки.¹⁹ Выход в данной ситуации может быть – использование автоматизированной системы для подсчета плитки. В данной программе можно не только посчитать площадь плитки, но и подобрать рисунок таким образом, чтобы было как можно меньше отходов. То есть многоступенчатый процесс подсчета и выбора плитки сокращается в несколько раз. Кроме всего программа работает под средой Autodesk AutoCAD – самой популярной программой для проектирования.

При создании двухмерных блоков использовались команды проектирования и редактирования системы Autodesk AutoCAD, такие как отрезок, дуга, полилиния, сплайн. После создания необходимого контура графические объекты превращаются в замкнутые полилинии, для того чтобы использовать их при создании трехмерных моделей образцов плитки. Всего было создано 74 блока двухмерных компонентов и 74 трехмерных компонентов. Разработка компонентов для подпрограммы раскладки плитки проходила в программе Autodesk AutoCAD. Были созданы модели самых распространенных видов тротуарной плитки. Некоторые из них представлены на рис. 1.

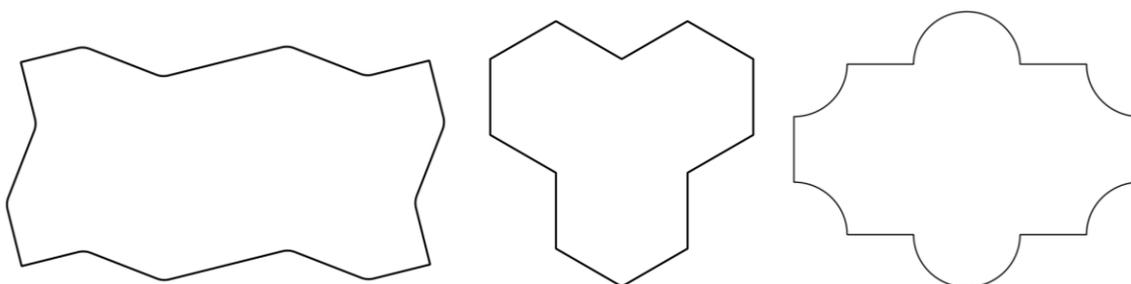


Рис. 1. 2D контур плитки «Волна», «Мерседес», «Клевер»

Каждая плитка построена таким образом, что может быть множество вариантов ее раскладки. Рассмотрим вариант раскладки плитки на Рис. 2 и второй вариант раскладки на основе первой (рис. 3). Плитка может располагаться не только по вертикали или горизонтали, но и по диагонали, что позволяет создавать различные виды раскладок.

¹⁸ Mahmud, Moch. Lutfi & Salsabilla, T.. Analysis of hexagonal paving block as a better paving shape. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 527. 012068. 10.1088/1757-899X/527/1/012068. (2019)

¹⁹ I.J. Gnip, V.J. Keršulis, S.J. Vaitkus, Predicting the deformability of expanded polystyrene in long-term compression. Mechanics of Composite materials; 41(5):407-414 (2005)

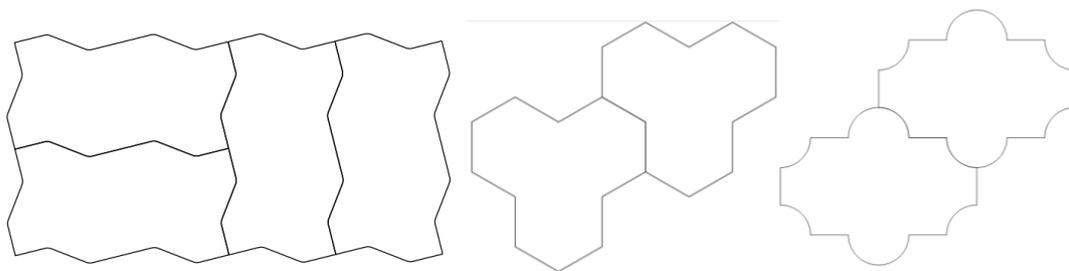


Рис. 2. Пример варианта раскладки плитки «Волна», «Мерседес», «Клевер»

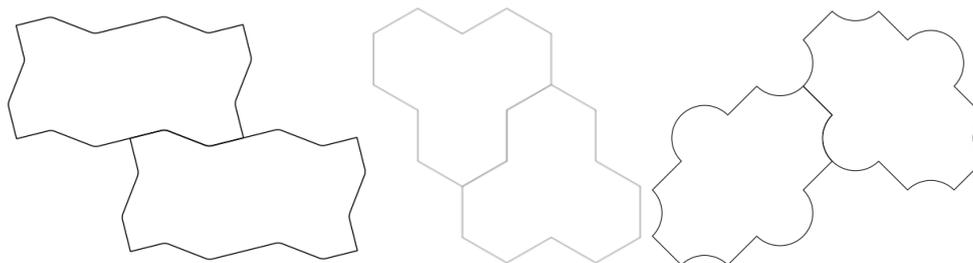


Рис. 3. Пример второго варианта раскладки плитки «Волна», «Мерседес», «Клевер»

Определенные виды плитки могут содержать в себе не одну модель, а также 2 и более. Например, тротуарная плитка «Гжелка» из-за сложности формы имеет только два варианта раскладки, которые представлены на рис. 4.

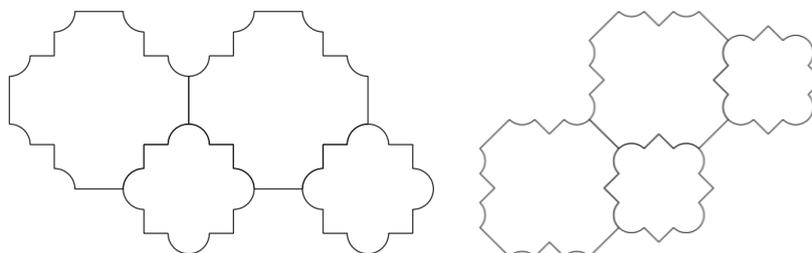


Рис. 4. Вариант раскладки тротуарной плитки «Гжелка», состоящей из 2-х моделей.

Трехмерные модели плитки необходимые для создания реалистичной визуализации проектов. Модели были разработаны в программе Autodesk AutoCAD на основе ранее созданных двухмерных чертежей образцов плитки с помощью таких команд как выдавливание и фаска. Рассмотрим создание трехмерные модели плитки «Клевер». Откроем файл двухмерных чертежи плитки «Клевер». Выделим контур плитки и выберем команду «Выдавить», нажмем «Ввод» и зададим величину выдавливания 80 мм. Опять нажмем «Ввод». Выберем команду «Фаска» и выделим ребра, ограничивающие верхнюю границу плитки, введем значение длины фаски 3 мм и нажмем «Ввод». Аналогичным образом были созданы 3d модели для других 15 типов плитки, которые представлены на рис. 5.

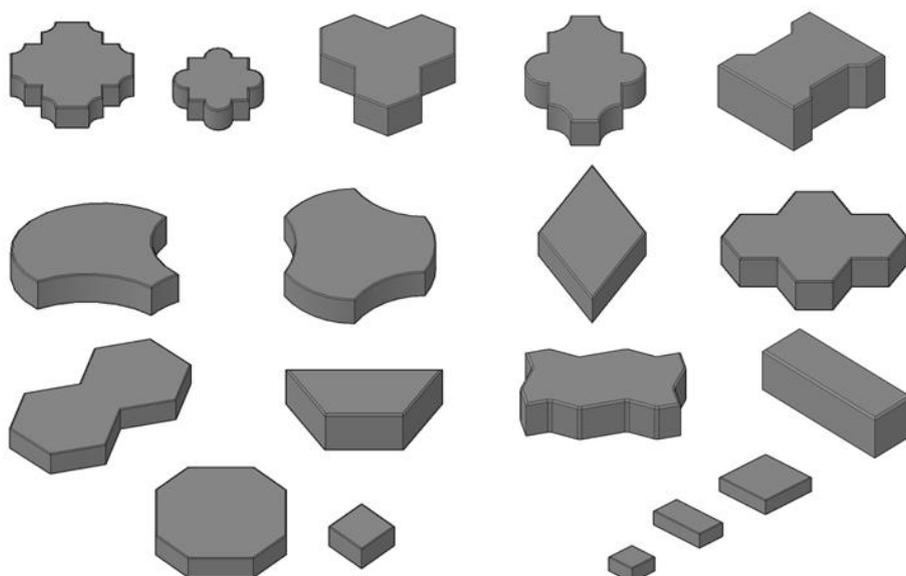


Рис. 5. 3D модели тротуарной плитки

Разработка трехмерной раскладки плитки происходит очень похоже на раскладку двумерных контуров плитки. Процесс в трехмерной среде программы Autodesk AutoCAD на основе уже созданных 3d моделей. Рассмотрим создание раскладки на примере плитки «Клевер». Найдем файл трехмерной модели плитки «Клевер». Выберем команду "Копировать", выделим нашу модель плитки и копируем ее так, чтобы боковые грани были соединены, а верхние и нижние находились в одной плоскости. Некоторые варианты трехмерной раскладки плитки представлены на рис. 6.

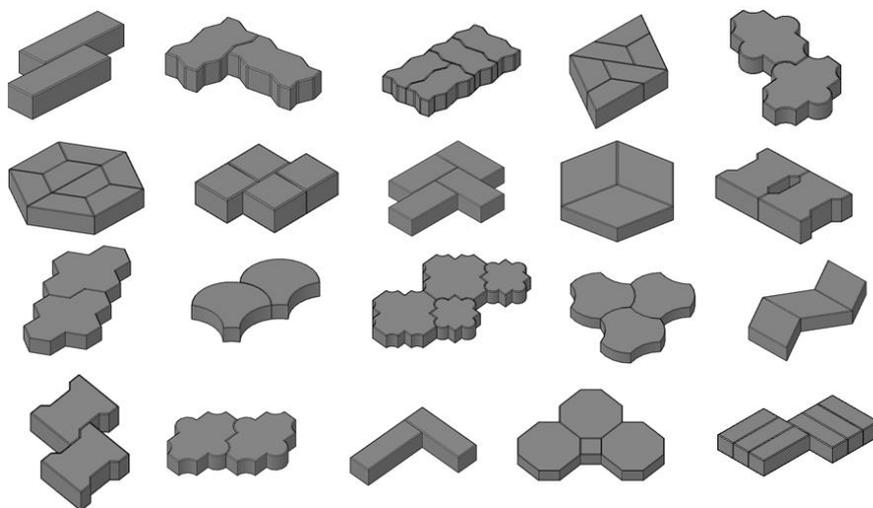


Рис. 6. Пример трехмерной раскладки плитки

Для точного расчета количества необходимой плитки в конкретном дизайнерском проекте была разработана уникальная автоматизированная программа. Она выполняет не только расчет её количества, подбор узора с минимальным количеством отходов, но и визуализацию реализованного дизайна. Работа программы основывается на созданной библиотеке компонентов, которую возможно редактировать и дополнять.

При выполнении большого количества чертежей, содержащих повторяющиеся элементы, значительное уменьшение трудоемкости проектов может быть достигнуто посредством создания типовых изображений элементов и сохранения их в составе

библиотеки. В случае работы над проектами группы сотрудников, формирования и использования библиотек позволит не только повысить скорость создания чертежи, но и уменьшить количество ошибок, поскольку будут использованы заранее подготовленные и проверенные изображения, соответствующие требованиям стандартов.

При проектировании дизайна интерьера, экстерьера и ландшафтного дизайна необходимо выполнить чертежи для раскладки плитки и трехмерные модели вариантов раскладки для визуализации проектов. Нами был проведен анализ геометрических форм тротуарной плитки и создана библиотека двухмерных и трехмерных блоков тротуарной плитки. Для каждого блока создана библиотека типов раскладки в двухмерных и трехмерных моделях.

Для удобства пользования библиотекой необходимо сгруппировать ее элементы. Была создана непосредственно сама папка «библиотека», в которой каждый вид плитки рассортирован. Всего было создано 15 папок: Брук, Гжелка, Квадрат, Клевер, Катушка, Чешуя, Мерседес, Ромб, Соты, Соты мерседес, Соты двойные, Трапеция, Волна, Кирпич, Шестиугольник + ромб. На рис. 7 видно, что в каждой папке типа плитки находится 2 папки-с двухмерными контурами и с трехмерными моделями.

Были проанализированы геометрические формы в процессе создания моделей тротуарной плитки и разработана расширенная библиотека элементов. Всего было создано 74 блока двухмерных компонентов и 74 трехмерных компонентов. Трехмерные компоненты используются для визуализации проектов. Данные компоненты были рассортированы по папкам для удобства использования. В данной библиотеке возможно редактирование элементов и добавления своих средствами программы Autodesk AutoCAD.



Рис. 7. Группировка элементов по папкам

Разработанную ранее библиотеку компонентов необходимо внедрить в интерфейс программы, который является своеобразным коммуникационным каналом, осуществляющий взаимодействие пользователя и компьютера. Лучший интерфейс – это такой интерфейс, которому пользователь не должен уделять много внимания, почти не замечать его. Пользователь просто работает, вместо того, чтобы рассуждать, какую кнопку нажать или где щелкнуть мышью. Такой интерфейс называют прозрачным – пользователь как бы смотрит сквозь него на свою работу. Чтобы создать эффективный интерфейс, который делал работу с программой приятной, нужно понимать, какие задачи будут решать пользователи с помощью данной программы и требования к интерфейсу могут возникнуть у пользователей. Структура подпрограммы представлена в виде блок-схемы на рис. 8, где подробно был описан порядок работы программы.

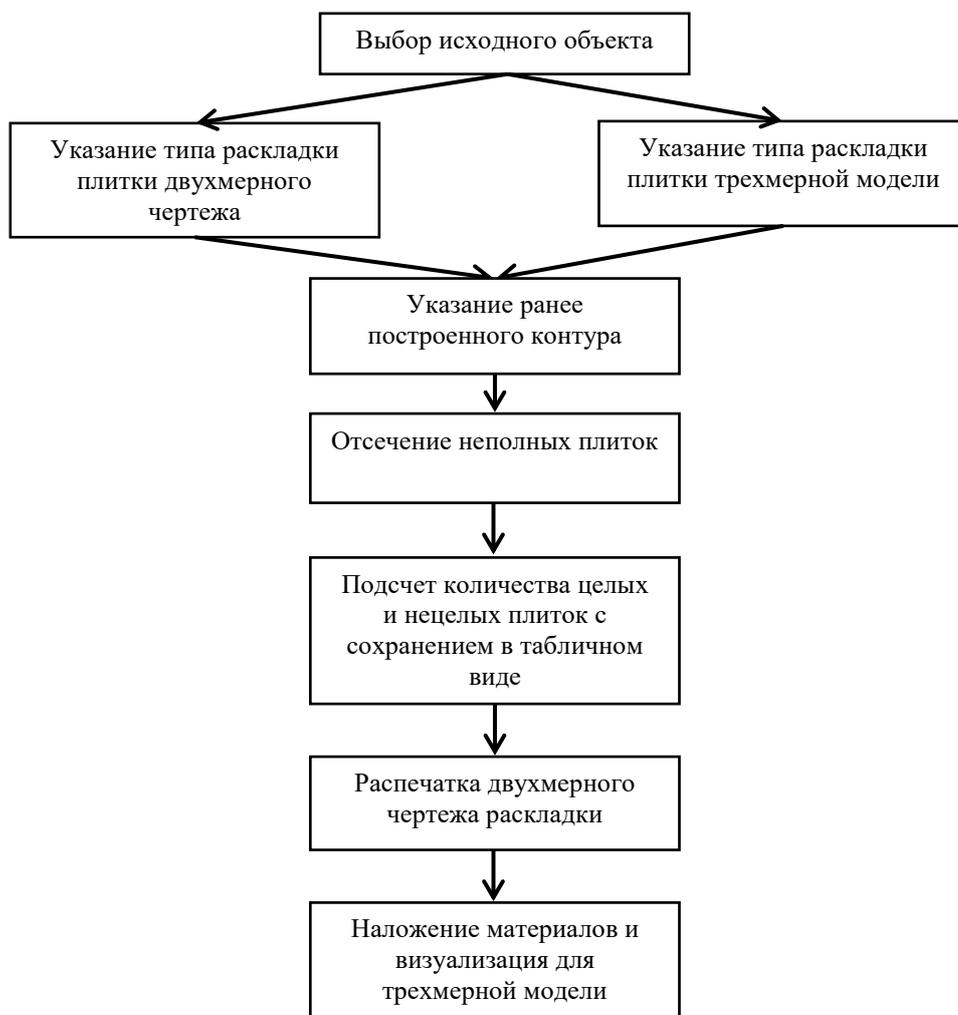


Рис. 8. Блок-схема структуры подпрограммы

Структура программы имеет следующие пункты:

- Выбор исходного объекта. Выбор профиля тротуарной плитки из библиотеки или создание нового.
- Указание типа раскладки плитки двухмерного чертежа или трехмерной модели. Выбор варианта раскладки из библиотеки раскладок. Двухмерная раскладка служит для подсчета плитки и заполнения контура. Трехмерная – для визуализации проектов.
- Указание построенного контура. Выбор контура, созданного в программе AutoCAD и представляет собой замкнутую полилинию, для заполнения его рисунком плитки и расчета количества плитки для данного контура.
- Отсечение неполных плиток. Производит отсечения плиток, выходящие за пределы контура.
- Подсчет количества целых и нецелых плиток с сохранением в табличном виде. Проводит подсчет количества плитки, необходимой для заполнения данного контура. Результат выводится и сохраняется в табличном виде и содержит в себе информацию о количестве целой и резаной плитки.
- Распечатка двухмерного чертежа раскладки. Выполняет сохранение с возможностью дальнейшей распечатки чертежа в виде заполненного контура тротуарной плиткой.
- Наложение материалов и визуализация для трехмерной модели. Выполняется присваивание плитке материала и проводится визуализация модели.

Интерфейс программы должен отвечать следующим требованиям:

Минимальность затрат ресурсов со стороны пользователя. Человек-оператор (ЧО) должен выполнять только необходимую работу, должны исключаться повторение одних и

тех же действий, возникающих, например, при вводе данных. Должно быть исключено дублирование работы.

Максимальное взаимодействие. Система должна полностью поддерживать пользователя. Так ЧО не должен заниматься поиском информации. Вся необходимая для печати информация собрана на одном экране. Выходящая информация не должна требовать интерпретации или перекодирования, должна быть наиболее наглядной и легко читаемой.

Минимальный объем оперативной памяти пользователя. От ЧО нужно, чтобы он запомнил минимум информации как текущей, так и общей. Поскольку скорость переработки информации оператором и его пропускная способность существенно ограничены.

Минимального расстройства оператора (по производственным причинам), через какое-либо препятствие в решении задачи, из-за появления, выявления ошибок. Для чего целесообразно иметь методику самопроверки ПО и оборудования и обнаружения и предотвращения возможных ошибок.

Интерфейс, разработанной программы был создан в программе Borland Delphi 7 и представлен на рис. 9. Пример использования программы для автоматизированной раскладки тротуарной плитки на детской площадке представлен на рис. 10.

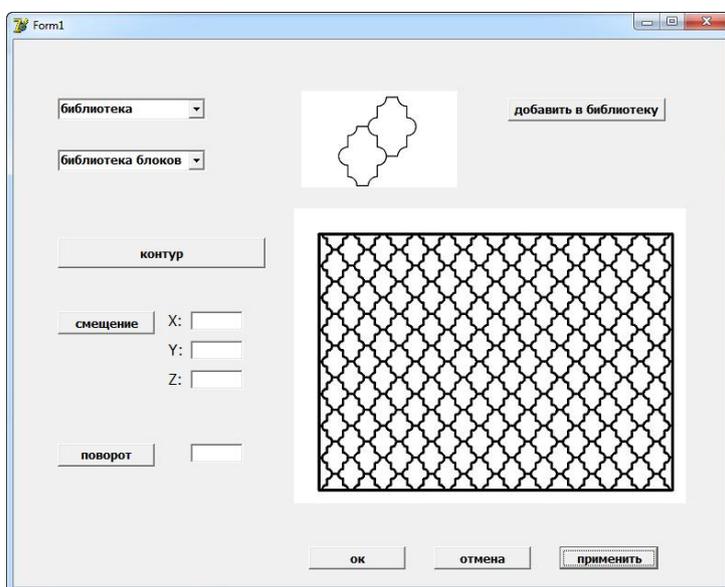


Рис. 9. Интерфейс подпрограммы



Рис. 10. Пример использования подпрограммы для автоматизированной раскладки тротуарной плитки на детской площадке

В данной научной работе был проведен детальный анализ геометрических форм тротуарной плитки и сформирован в САПР Autodesk AutoCAD двухмерные и трехмерные блоки тротуарной плитки. Для каждого блока предложено несколько типов раскладки в двухмерных и трехмерных моделях. Всего было создано 74 блоки двухмерных компонентов и 74 трехмерных компонентов, которые соответствуют требованиям стандартов. Предложено встроенную в САПР Autodesk AutoCAD библиотеку компонентов, значительно ускоряет процесс подбора и раскладки блоков, также реализована возможность редактирования элементов и добавления новых компонентов. Были разработаны структура и интерфейс подпрограммы в программном приложении Borland Delphi 7. Продемонстрировано использование подпрограммы для автоматизированной раскладки тротуарной плитки на детской площадке. Дальнейшим развитием работы является увеличение количества возможных комбинаций моделей и расширение на их основе электронной библиотеки для разработанной программы. Также в дальнейшем будет проводиться совершенствование интерфейса и расширение возможностей программы автоматизированного расписания и расчета количества тротуарной плитки в дизайн-проектах.

References:

1. K.I. Lvovich, *Populyarnoe betonovedenie*, 1(15), 180-181 (2007).
2. V. Korsun, N. Vatin, A. Korsun, D. Nemova, *Applied Mechanics and Materials*, 723, 445-450 (2015).
3. O.N. Pertseva, S.G. Nikolskiy, *Magazine of Civil Engineering*, 3(47), 71-76 (2014)
4. C. Gehlen, F. Duran, D. Lowke, *Betonwerk und Fertigteil-Technik*, 80(2), 40-41 (2014).
5. Gusev B., Falikman V. *Structural concrete in the age of sustainable development / An ACI Technical Publication. Durability and Sustainability of Concrete Structures -Workshop Proceedings Italy, ACI, 2015. pp. 36.1-36.8.*
6. Mahmud, Moch. Lutfi & Salsabilla, T.. *Analysis of hexagonal paving block as a better paving shape. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 527. 012068. 10.1088/1757-899X/527/1/012068. (2019).*
7. I.J. Gnip, V.J. Keršulis, S.J. Vaitkus, *Predicting the deformability of expanded polystyrene in long-term compression. Mechanics of Composite materials; 41(5):407-414 (2005).*