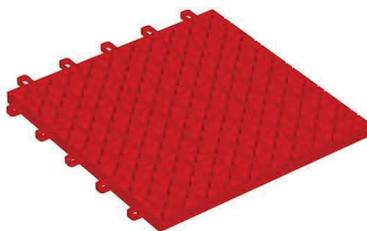


М.Д. Медведская, магистрант;  
О.И. Карпович, канд. техн. наук, зав. кафедрой МИК;  
К.Д. Левко, студ. (БГТУ, г. Минск)

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТА МОДУЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ СПОРТИВНЫХ ПЛОЩАДОК**

Элемент модульного покрытия спортивных площадок (рисунок 1) укладывается на основание для получения игровой поверхности, используемой в различных видах спорта. Для изделия характерна решетчатая конфигурация при этом поверхность элемента модульного покрытия представляет собой перекрещивающийся узор из решетчатых поверхностей, обладает сопротивлением к вертикальным ударам, которые дополнительно уменьшаются за счет поглощения боковых усилий в соседней плиточной структуре, также дает дополнительные физиологические преимущества лицам, пользующимся подобным покрытием благодаря предотвращению травм лодыжек, колен и иных тканей, часто встречающихся на используемых в настоящее время покрытиях, имеют высокую водо- и термостойкость, легкость в монтаже и ремонте, а также широкую цветовую гамму. Однако есть и существенный минус – укладка должна осуществляться на подготовленное основание [1].



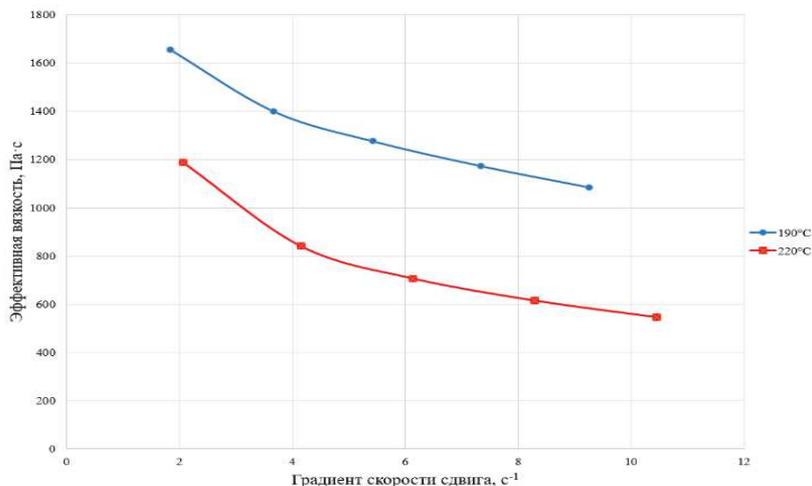
**Рисунок 1 – Элемент модульного покрытия спортивных площадок**

На данный момент элемент модульного покрытия, который используется для обустройства площадок в Республике Беларусь импортируется. В РБ имеются специализированные предприятия, которые могут освоить выпуск такого изделия. Однако требуется разработка конструкции, подбор материала и расчет технологических параметров изготовления. Целью работы является оценка технологических параметров процесса изготовления элемента модульного покрытия с использованием компьютерного моделирования. Изделие характеризуется наличием таких критериев качества, как прочность, жесткость, отсутствие технологических дефектов и механических повреждений для обеспечения гладкой поверхности без стыков и зазоров.

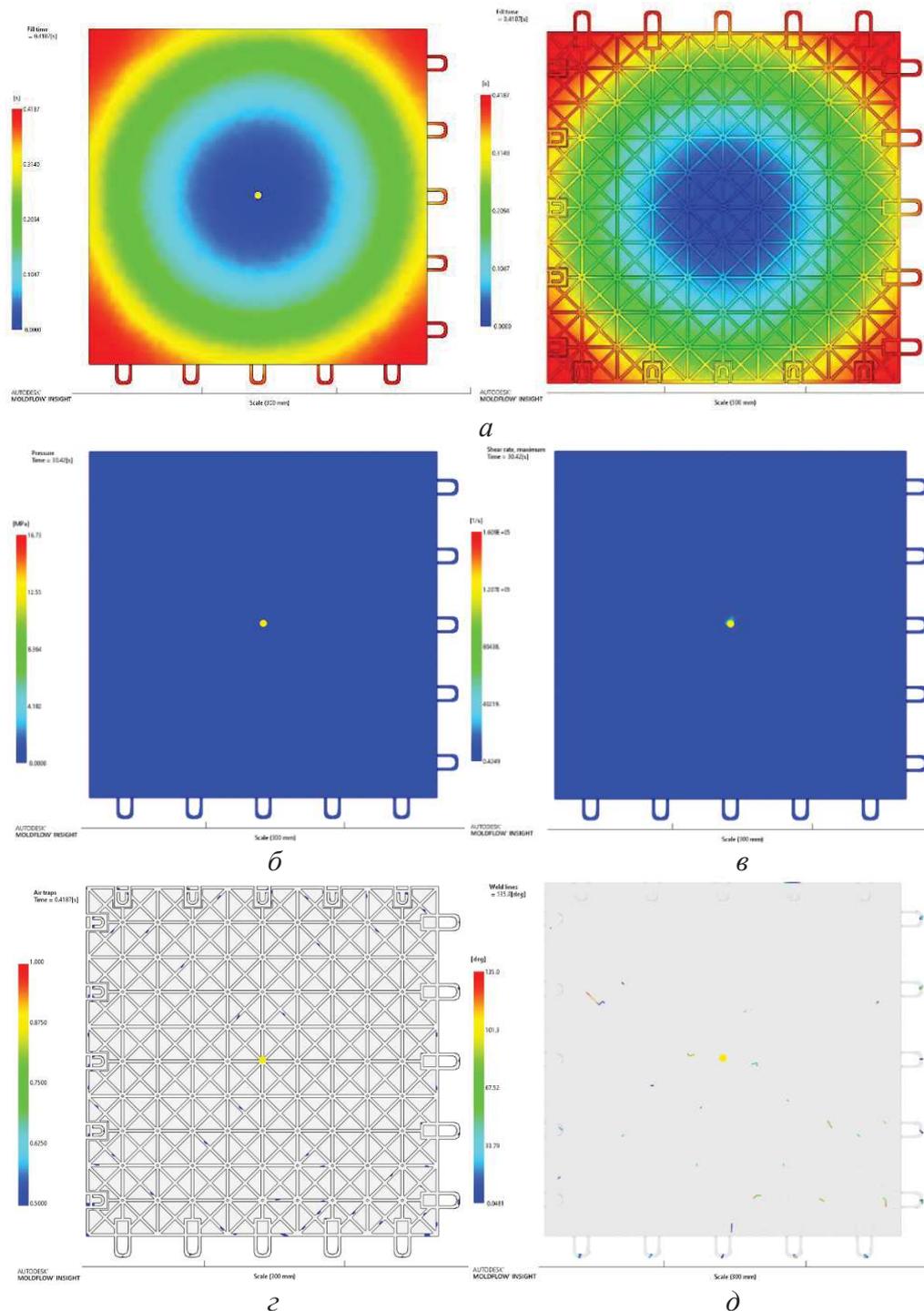
С учетом условий эксплуатации и анализа аналогов разработана конструкция элемента модульного покрытия. Элемент модульного покрытия представляет собой квадратную пластину, габаритные размеры которой: высота – 13 мм, длина – 252 мм, ширина – 252 мм. На нижней поверхности для обеспечения необходимой жесткости и прочности предусматриваются ребра жесткости. Изделие устойчиво к ультрафиолету и хорошо переносит температурные колебания от –40 до +50°C. Покрытие оснащено замковой системой, которая исключает разъединение модулей и препятствует изменению размеров при перепадах температур [2].

Изготовление изделия происходит с помощью метода литья под давлением, поэтому возникает необходимость произвести моделирование процесса формообразования изделия. Моделирование процесса вязкого течения помогает выявить и устранить на стадии проектирования проблемы, связанные с особенностями конструкции детали и пресс-формы, технологического и эксплуатационного поведения полимерного материала, спрогнозировать и предотвратить возникновение проблем, связанных с появлением дефектов изделий, длительностью цикла изготовления изделия и возможностями оборудования. Для этого имеются специализированные программные продукты, использующие различные подходы и алгоритмы [3].

Моделирование выполнялось в системе Autodesk Moldflow Insight при условии начальной температуры расплава 200°C, температуры поверхности пресс-формы 27°C. Точка впрыска располагается в центре изделия. В качестве метода моделирования сеточной модели был использован 3D-метод, который предполагает использование сетки, состоящей из тетраэдрических элементов. Данный метод учитывает такие факторы, как инерция, гравитация, а также вытеснения воздуха из полости формы потоком расплава.



**Рисунок 2 – Зависимость эффективной вязкости от градиента скорости сдвига**



**Рисунок 3 – Результаты моделирования:  
 время заполнения (а); давление (б); скорость сдвига (в);  
 воздушные ловушки (г); линии срая (д)**

Для выбора подходящего материала в программе предусмотрена библиотека стандартных материалов. Однако для материала, выбранного для изготовления, характеристики вязких свойств отсутствуют. Материалом элемента модульного покрытия является полиэтилен

низкого давления (ПЭНД). Для наиболее точного моделирования процессов вязкого течения проведены испытания на определение реологических характеристик материала, а именно: определение показателя текучести расплава и определение параметров степенного закона течения по капиллярному методу [4]. В ходе испытаний получена зависимость эффективной вязкости от градиента скорости сдвига при 190°C и 220°C (рисунок 2). Данная зависимость была использована при задании реологических характеристик в программе.

Моделирование процесса заполнения формы происходит с последующим уплотнением, а также оценкой деформаций геометрии отливки (коробления).

В результате расчета установлено, что время заполнения формы (рисунок 3) составляет 0,419 с, максимальное давление – 16,73 МПа, максимальная скорость сдвига –  $1,609 \cdot 10^5 \text{ с}^{-1}$ .

Воздушные ловушки могут привести к структурным и визуальным дефектам. Спаи образуются в результате соединения нескольких потоков расплава, образующихся при заполнении материалом формы.

Из данного расчета следует, что изделие заполняется равномерно. Таким образом разработана конструкция элемента модульного покрытия. Для заданной конструкции проведено моделирование процесса формообразования.

Полученные данные могут быть использованы для оптимизации параметров процесса изготовления изделия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Даниэль Котлер «Покрытие пола спортивного сооружения»// Патент на изобретение 2015274 С1, 05.02.1990. Заявка № 4743164/33 от 05.02.1990.

2. Модульное пластиковое покрытие для спортивных площадок [Электронный ресурс]. – 2010. – URL: [https://www.modulpol.ru/Sport\\_Modul\\_Plast.htm](https://www.modulpol.ru/Sport_Modul_Plast.htm) (дата обращения: 27.11.2022).

3. Определение оптимального места впрыска расплава в изделие с помощью компьютерного моделирования в среде Moldflow Plastic Insight [Электронный ресурс]. – 2012. – URL: <https://scienceforum.ru/2013/article/2013007589> (дата обращения: 05.12.2022).

4. Карпович О. И. Формообразование изделий из композиционных материалов. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-36 01 08 «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов» / Карпович О. И. – Минск: БГТУ, 2014. – С. 14–21.