

УДК 678.027.3:001.895

О. И. Карпович, зав. кафедрой МиК, канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск);  
А. М. Пышняк (ОАО «Пеленг», г. Минск)

## **ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ПЕЧАТИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ НА ИХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Термопластичные эластомеры широко используются для изготовления изделий различного назначения с использованием аддитивных технологий. Из термопластичных эластомеров изготавливают такие изделия как герметизирующие и уплотняющие прокладки, накладки, рукоятки, эластичные компоненты для бытовой техники, сидения для велосипедов, изделия медицинского и спортивного назначения и т.п. Существует большое количество производителей филамента из термопластичных эластомеров для 3Д-печати (REC, Bestfilament, Arnitel, NinjaTek и др.). Характеристики материала в изделии, получаемом методом 3Д-печати существенно зависят от параметров печати (температура сопла, температура стола, скорость печати, толщина слоя и т.п.) [1]. Как правило, рекомендуемые производителем параметры печати лежат в достаточно широких пределах и сведения о режимах, обеспечивающих получение максимальных значений прочности и жесткости отсутствуют. Целью данной работы является установление параметров печати изделий из термопластичных эластомеров, обеспечивающих наилучшие показатели прочности и жесткости.

Для исследований использовали такие распространенные в 3Д-печати термопластичные эластомеры, как *eTPU-95A* и *eLastic* (производитель *eSun*).

Для изготовления образцов использовали технологию аддитивного синтеза, известную как экструзия материала. Образцы получали с использованием 3Д принтера *Anycubic 4MAX Pro*. При изготовлении образцов варьировали температуру экструдера в диапазоне 210–250 °С и скорость печати 20–50 мм/с. Для полученных образцов определяли прочность и модуль упругости при растяжении, напряжения при деформации 100 и 300 %, относительное удлинение при разрыве.

На рисунке 1 представлена зависимость модуля упругости при растяжении от температуры печати для различных скоростей печати. В целом в исследуемом диапазоне модуль упругости возрастает с увеличением температуры печати. Однако при скорости печати 20 мм/с после значения температуры 235°С (для *eLastic*) и температуры 230°С

(для *eTPU-95A*) наблюдается некоторое снижение модуля упругости.

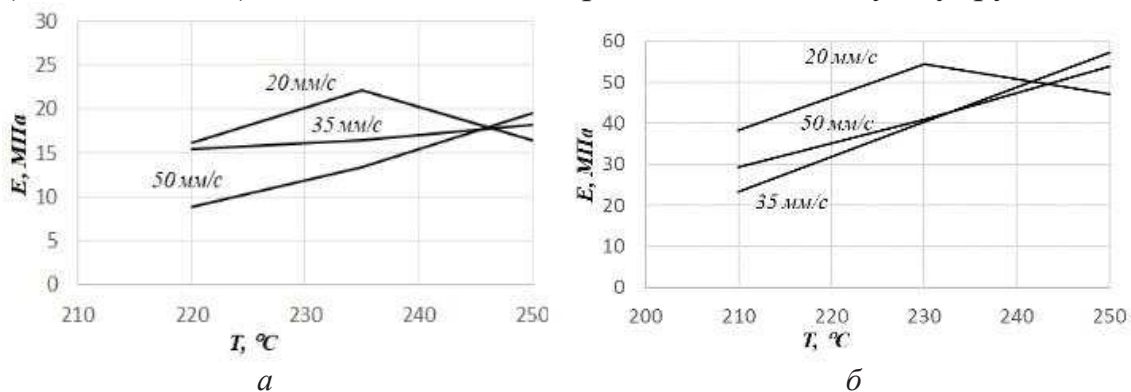


Рисунок 1 – Зависимости модуля упругости при растяжении от температуры печати для *eLastic* (а) и *eTPU-95A* (б)

Зависимость модуля упругости от скорости печати представлена на рисунке 2. С увеличением скорости печати при температурах 220 и 230 °C для *eLastic* и температурах 210 и 230 °C для *eTPU-95A* модуль упругости снижается. При температуре печати 250 °C для обоих материалов наблюдали повышение модуля упругости при растяжении.

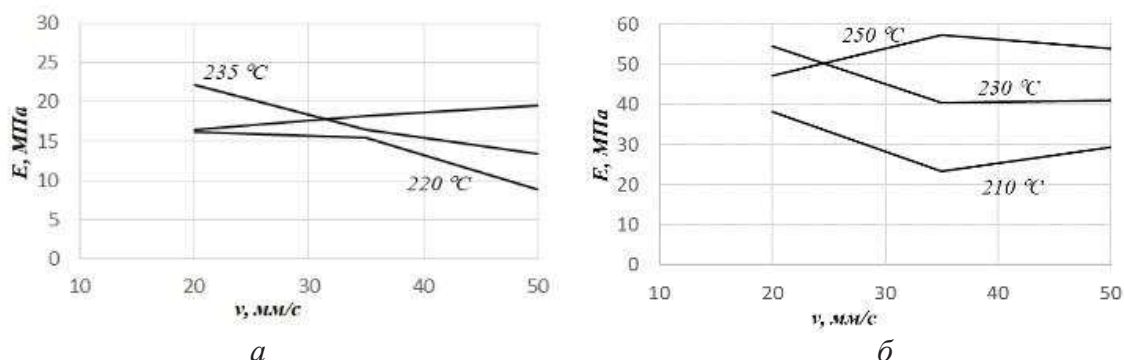


Рисунок 2 – Зависимости модуля упругости при растяжении от скорости печати для *eLastic* (а) и *eTPU-95A* (б)

Зависимости прочности при растяжении от температуры и скорости печати для исследуемых материалов представлены на рисунках 3 и 4.

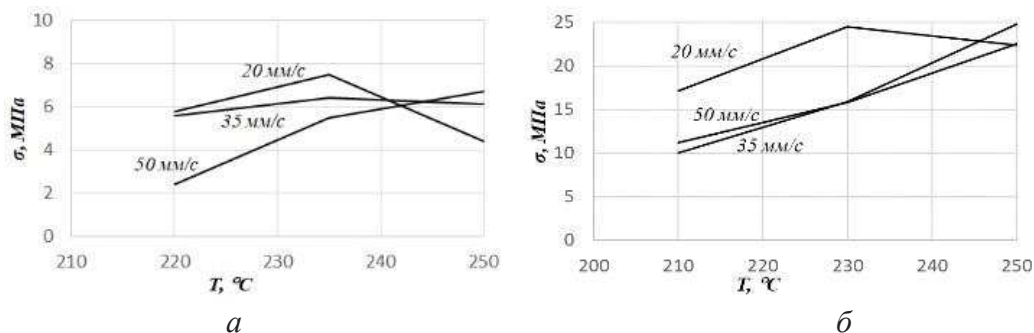
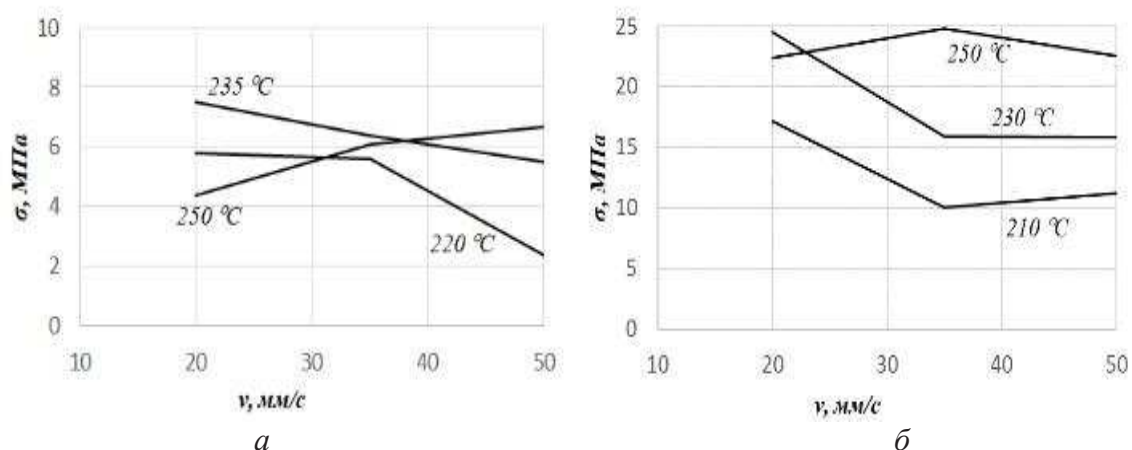


Рисунок 3 – Зависимости прочности при растяжении от скорости печати для *eLastic* (а) и *eTPU-95A* (б)



**Рис. 4. Зависимости прочности при растяжении от скорости печати для eLastic (а) и eTPU-95A (б)**

В целом данные зависимости аналогичны зависимостям модуля упругости от температуры и скорости печати. Прочность при растяжении для исследуемых материалов возрастает с увеличением температуры печати и снижается при увеличении скорости печати. При скорости печати 20 мм/с после значения температуры 235 °C (для *eLastic*) и температуры 230 °C (для *eTPU-95A*) наблюдается некоторое снижение прочности при растяжении.

При температуре печати 250 °C для обоих материалов наблюдается повышение прочности при растяжении.

По результатам исследований можно сделать вывод, что наиболее оптимальными с точки зрения упругих и прочностных характеристик параметрами печати изделий из материала *eLastic* являются: температура печати 235 °C при скорости 20 мм/с или температура печати 250 °C при скорости 50 мм/с. Для материала *eTPU-95A* оптимальными являются режимы: температура печати 235 °C при скорости 35 мм/с.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Протасеня Т. А., Крень А. П., Ланцман Г. А., Дьякова Г. Н. Оценка влияния параметров 3D-печати полимерных изделий и режимов их постобработки на физико-механические характеристики продукции аддитивного синтеза // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов: сб. ст. 8-й Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2022. – С. 199–204.