

УДК 621.01

МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

А. О. САФОНОВА

Научный руководитель А. П. ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ, д-р техн. наук, проф.

Воронежский институт высоких технологий

Воронеж, Россия

При реализации аддитивного производства необходимо стремиться к тому, чтобы уменьшить большое число разных требований, которые могут противоречить друг другу. Например, стремятся к низкой себестоимости, требованиям потребителя, быстрому внедрению и др. В связи с этим в аддитивное производство требуется внедрять различные инновации, модернизировать его [1, 2].

За счет моделирования можно избежать реальных экспериментов. Во многих случаях они требуют затрат большого количества разных ресурсов. Когда проводятся процедуры моделирования, мы предлагаем опираться на модели двух видов.

Первая включает в себя экспериментальные данные. Они связаны с тем, что неконтролируемые параметры влияют на фактические. Это «фактическая» модель.

Во второй модели есть известная погрешность по параметрам. В модели идет подстройка, это «пользовательская модель».

По выходным и входным данным, а также погрешностям, в аддитивном производстве возможные значения характеризуются ограниченным диапазоном. В связи с этим можно применять уравнения линейного вида для задач, связанных с управлением технологическими процессами.

То есть линейное уравнение соответствует реальному технологическому процессу:

$$Y_i = K_i + B U_i.$$

Управляющие переменные характеризуются вектором $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$, выходные переменные объекта аддитивного производства характеризуются вектором $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$.

Если учесть погрешности, то

$$Y_i^* = K_i + B U_i + \xi_i;$$

$$\xi = \xi(t).$$

В последнем слагаемом есть две составляющие:

$$\xi_i = \xi_i^* \pm \Delta_i,$$

первая ξ_i^* является регулярной, вторая Δ_i соответствует случайным погрешностям.

С тем чтобы по ошибкам измерения и неконтролируемым переменным учесть их влияние, важно знать управляющие переменные U , погрешности, значения интересующего параметра Y и Y^* , момент времени, для которого проводится наблюдение.

При этом Y является функцией оптимизации в алгоритме, связанном с управлением. В нем главным критерием качества является G :

$$Y = Y(G);$$

$$G = G(Y_1, Y_2, \dots, Y_n).$$

Проводится вычисление значений модели. По обобщенному критерию качества проводится расчет и нормировка по всем весовым критериям качества:

$$N = \frac{Y_{\text{идеальн}}}{Y^*}.$$

Для того чтобы осуществлять исследование образцов на растяжение применялась установка INSTRON 5982. В качестве выходной переменной анализировался процент прочности параметров. Использовалась температура экструдера для печати 255 °С. В качестве управляющих параметров рассматривались: скорость печати – 77 мм/с; коэффициент подачи пластика – 0,93.

Всего было создано 14 партий аддитивных объектов. Когда анализировалось влияние на критерии качества, осуществлялось рассмотрение лишь одного параметра (числа нитей). В ходе проведенного рассмотрения установлено, что с учетом особенностей настроек аддитивного оборудования по партиям 4–6, с точки зрения используемой математической модели в технологическом процессе, требуется провести коррекцию числа нитей от 8 (для партии 4) и от 7 (для партий 5 и 6) к 9.

Реализовывался процесс компенсации относительно неконтролируемых параметров вследствие того, что проводилась подстройка модели. Если проводить прогнозирование с точки зрения формирования более качественных объектов в аддитивном производстве на базе «метода трех сигм» [3], при учете того, что технологическое оборудование является неидеальным, есть возможность для обеспечения повышения предела прочности при изгибе образца на 4 %...5 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проблемы аналитического контроля в литейном и аддитивном производстве / Д. Н. Козлова [и др.] // Вестн. Воронеж. ин-та высоких технологий. – 2022. – № 3 (42). – С. 21–23.
2. **Балашов, А. В.** Исследование структуры и свойств изделий, полученных 3D-печатью / А. В. Балашов, М. И. Маркова // Инж. вестн. Дона. – 2019. – № 1 (52). – С. 66–80.
3. **Фаюстов, А. А.** Еще раз о критериях отсеивания грубых погрешностей / А. А. Фаюстов // Законодательная и прикладная метрология. – 2016. – № 5. – С. 25–30.