начальные сроки твердения является, наряду, например, с тепловым воздействием дополнительным активирующим фактором на развитие процессов твердения.

Следует отметить, что формирование сферических «колец» может наблюдаться и при условии состояния сферической бегущей волны. Это обусловлено различными скоростями распространения поперечных C_1 и продольных C_2 волн. Их отношение зависит от коэффициента Пуассона, характеризующего величину отношения относительного поперечного сжатия к относительному продольному растяжению:

$$\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{1 - 2\nu}{2 - 2\nu}}$$

где V_1 , V_2 – скорости распространения продольных и поперечных волн соответственно, ν – коэффициент Пуассона.

Принимая во внимание, что для бетона $\nu=0,2$ [8]:

$$\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{1-2 \times 0,2}{2-2 \times 0,2}} = 0,375.$$

С учетом приведенных расчетов твердеющую систему можно рассматривать как среду с электромагнитным импедансом, где $V_1 < V_2$, что и приводит к образованию визуально наблюдаемым сферическим кольцам.

Закключение.

Показано, что при твердении системы «цемент-вода» одной из возможных движущих сил процессов гидратации и диспергирования частиц цемента может являться генерация внутренних электромагнитных колебаний с частотами акустического и ультразвукового диапазонов, что позволит в будущем создать волновую теорию твердения цементных композиций.

1. Лотов В.А. О взаимодействии частиц цемента с водой или вариант механизма процессов гидратации и твердения цемента. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 2018. – Т. 329. – № 1. – С. 99–110.
2. Гонткевич В.С. Собственные колебания пластинок и оболочек. Справочное пособие. – Киев: Наукова думка, 1964. – 288 с.
3. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона. – М.: Стройиздат, 1961. – 404 с.
4. Колесников В. Г. Электроника: энциклопедия, 1991. – 688 с.
5. Горленко Н.П., Саркисов Ю.С. Низкоэнергетическая активация дисперсных систем. Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2011. – 264 с.
6. Осипов Ю.Р., Воропай Л.М., Сеничев В.П., Шлыков С.А. Эффективность применения ультразвука в производстве древесно-цементных композиций. Вестник науки и образования Северо-Запада России, 2015. – Т.1. – С. 1–10.
7. Соломатов В.И., Тахиров М.К. Интенсивная технология бетонов. – М.: Стройиздат, 1989. – С. 69 – 75.
8. Сивухин Д. В. Общий курс физики. – М.: Физматлит, 2005. – Т. 1. – Механика. – С. 414 – 560 с.

Ефремкин С.И., Грицун Б.М., Савчиц А.В.

Разработка автоматизированной системы управления биореактором для выращивания микроводорослей

Волжский политехнический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (Россия, Томск)

doi:10.18411/spc-12-10-2018-04

idsp: 000001:spc-12-10-2018-04

Аннотация

В статье обосновывается перспективность создания автоматизированной системы управления биореактором для выращивания микроводорослей. Это

объясняется малым количеством производимых на территории России аналогов, несмотря на реальный положительный экономический эффект от получаемого продукта. Концентрат биоматериала, получаемый из данного биореактора, в дальнейшем может использоваться в различных отраслях деятельности человека. Примерами использования могут служить: применение в медицине, добавки в корма животных в сельском хозяйстве, альголизация водоемов и т.д.

Ключевые слова: Автоматизированная система управления, биореактор, микроводоросли.

В настоящее время в России слабо распространено производство биореакторов с наличием автоматизированной системы управления. Биореактор это сложный объект управления, который требует качественно подобранных режимов управления для продуктивного выращивания конкретного биоматериала. Применение данного биоматериала обуславливается его широким биологическим составом, а именно наличием большого количества белка, полного набора незаменимых аминокислот, углеводов, жиров, витаминов и биологических стимуляторов [1].

При поиске существующих биореакторов и систем управления ими было найдено много фирм-производителей, но, как правило, все они были иностранной территориальной принадлежности. Соответственно, стоимость при заказе биореактора в этих фирмах будет колоссальной, что принесет отрицательный экономический эффект [2].

В связи с этим было принято решение разработать собственный биореактор и автоматизированную систему управления им. Такая разработка позволит не зависеть от иностранных разработок в данной области, будет способствовать развитию сельского хозяйства в стране, поддержанию экологической безопасности на должном уровне, следовательно, принесет положительный экономический эффект.

За счет самостоятельного производства микроводорослей:

- уменьшится количество закупок биоматериала за рубежом;
- появится возможность лабораторного исследования биоматериала без излишнего волнения о его гибели.

Рисунок 1 – Структурная схема биореактора (1– емкость с выращиваемой средой, 2 – емкость с водой для нормализации температуры, 3 – ТЭН, 4 – змеевик, 5 – аэратор, 6 – лампа светодиодная, 7 – емкость с питательными веществами)

За основу биореактора была взята герметичная емкость, объемом 80л, в которую заливают биоматериал и соответствующую среду, в которой будет происходить размножение. Использование герметичной непрозрачной емкости позволит

существенно ограничить влияние внешней среды на среду выращивания микроводоросли. Предварительно вода нагревается до заданного значения температуры комфортного размножения биоматериала. Также по мере выращивания микроводорослей температура воды поддерживается на этом уровне. Среда в емкости обогащают кислородом посредством аэрации и ежедневной подачей питательных веществ. Для сброса избыточного давления, образовавшегося в емкости, предусмотрен клапан. На рисунке 1 показана структурная схема биореактора.

Процесс выращивания занимает несколько дней. По достижению необходимого размера колонии водорослей, биоматериал выкачивают из емкости, после чего процесс можно повторять неоднократно.

Таким образом, применение и развитие данной разработки в системе автоматизации является целесообразным, так как получаемый биоматериал обладает универсальностью использования, а сам биореактор прост в реализации и позволяет получать заданное количество выходного продукта за заданный промежуток времени.

При выборе средств автоматизации предпочтение отдается приборам низким по стоимости, в виду того, что биореактор имеет экспериментальный характер.

Для контроля температуры используется датчик термосопротивления. Измерение подобных датчиков основано на эффекте изменения сопротивления чувствительного элемента датчика при изменении температуры [3]. Выбор датчика термосопротивления обусловлен высокой точностью измерения и конструктивными особенностями. Для преобразования выходного сигнала с датчиков термосопротивления используем нормирующий преобразователь.

Для контроля давления газа в емкости используется датчик давления с тензорезистором. Принцип действия основан на изменении собственного сопротивления тензорезистора в зависимости от деформации упругого элемента, прикрепленного к нему. Выбор обусловлен конструктивной особенностью и диапазоном измерения, для низкой погрешности.

Для измерения уровня в емкости со средой выращивания микроводоросли и в промежуточной емкости используем емкостной датчик уровня. Принцип действия данного датчика основан на изменении емкостного сопротивления в связи с внешними изменениями [3]. Выбор датчика обусловлен особенностью конструкции и простотой в эксплуатации.

В качестве исполнительных механизмов в системе используются электромагнитные клапаны. Для освещения среды в биореакторе используем светодиодные ленты разного спектра.

Разработанная система управления биореактором использует современное оборудование, что обеспечивает качественный уровень контроля над технологическим процессом и внесения своевременного регулирующего воздействия. Для данной системы управления необходимо только содержание установки в помещениях, в которых реактор не будет подвергаться прямому солнечному освещению. С экономической точки зрения, оценочная стоимость такой системы оценивается в 15-20 тыс. рублей, что не является большой стоимостью, как для производства, так и для хозяйств.

1. ООО «Башкирская птица». Технология. Хлорелла [Электронный ресурс] – Ресурс доступа: <http://башптица.рф/hlorella-ru/> (Дата обращения 09.09.2018)
2. Производители биореакторов [Электронный ресурс]. – Ресурс доступа: <http://bioreactors.net/ru/all-bioreactor-manufacturers/> (Дата обращения 10.09.2018)
3. Комаровская Н. М. Технические средства автоматизации и измерения в химическом производстве и в машиностроении [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. М. Комаровская, Л. И. Медведева ; ВолгГТУ, ВПИ (филиал) ВолгГТУ. - Волгоград : ВолгГТУ, 2009. - 224 с.