НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Ботанические сады как центры изучения и сохранения фиторазнообразия

Труды Международной научной конференции, посвященной
140-летию Сибирского ботанического сада
Томского государственного университета

Томск, 28–30 сентября 2020 г.

Томск
Издательство Томского государственного университета
2020

Автоматизация технологических систем управления в крупных оранжереях – преимущества и недостатки, влияние на развитие растений

С.Ю. Золкин

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия, szolkin@mail.ru

Аннотация. Приведены данные 12-летнего использования автоматизированных технологических систем управления в большой оранжерее «Тропический лес». Подробно рассмотрены положительные и отрицательные стороны использования каждой автоматизированной системы. Оценено влияние на растения работы или поломки автоматизированных систем.

Ключевые слова: автоматизация, оранжерея, растения.

Automation of technological control systems in large greenhouses – advantages and disadvantages, impact on plant growth

S.Yu. Zolkin

N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, szolkin@mail.ru

Abstract. The data of 12-year use of automated technological control systems in the large greenhouse «Tropical Forest» are presented. The positive and negative aspects of using each automated system are discussed in detail. The impact on plants of work or breakdown of automated systems is marked.

Keywords: automation, greenhouse, plants.

В последнее время наблюдается всплеск модернизации тепличных комплексов в России, особенно в направлении автоматизации технологических систем управления и диспетчеризации управления. Насколько это применимо к оранжереям ботанических садов? На примере крупного отделения «Тропический лес» (основание 40×42 м, максимальная высота в коньке 33,7 м), достроенного в 2009 г. в составе второй очереди Новой Фондовой оранжереи рассмотрим плюсы и минусы автоматизации технологических систем управления на рост, развитие и состояние растений.

Для объективного обсуждения работы автоматизированных систем и их влияния на состояние растений, с возможностью использования нашего опыта другими организациями, следует учесть ряд важных технических моментов. Во-первых, следует отметить разделение по времени этапов проектирования, установки, работы в тестовом и нормальном режиме этих автоматических систем. Во-вторых, далеко не все системы оказались востребованы после этапа проектирования и установки, некоторые работают не совсем так, как было заложено в техзадании, многие системы имеют сезонный режим работы. В-третьих, некоторые важные и полезные автоматические системы управления работают не в полную силу, или их работа была приостановлена в определенные периоды времени из-за ряда других причин, прежде всего недостаточного финансирования в оплату эксплуатационных расходов или поломки, иногда загрязнения отдельных компонентов. В-четвертых, не было одномоментного включения всех автоматизированных систем, они вводились постепенно – поэтому одни работают с 2009 г., пусть и в тестовом режиме вначале, а другие были запущены значительно позже (например, система туманообразования), модифицированы и дополнены после периода эксплуатации (система проветривания).

Оценивая и сравнивая работу оранжерей только с механическими, ручными механизмами регулирования климата и с автоматизированными, несмотря на вышеперечисленные моменты в недостатках последних, преимущество за ними. В оранжереях, где основные системы регулирования были механические, появляются автоматизированные системы. Например, в Старой Фондовой оранжерее, недавно была поэтапно введена автоматизированная система верхнего опрыскивания (тумана) растений водой, прошедшей предварительную обработку в системе обратного осмоса. Несмотря на частые поломки, такая автоматизация системы подачи очищенной в установке воды помогает лучше развиваться многим

тропическим и отчасти субтропическим растениям, в основном относящейся к экологической группе эпифитов и растениям из туманных горных лесов.

В 2007 г. был утвержден проект «Инженерное оборудование и системы. Автоматизация инженерного оборудования технологических процессов. Диспетчеризация» Новой Фондовой оранжереи. Целью автоматизации является поддержание параметров, температурно-влажностного режима в блоках оранжереи (субтропическом и тропическом) необходимых для технологических процессов выращивания растений. В отделении «Тропический лес» параметры автоматизированных систем были рассчитаны согласно следующим оптимальным для растений температурно-влажностным характеристикам в течение года: теплый период – температура днем +22...+25°C, ночью +20...+22°C, относительная влажность 80–90 %, холодный период – температура днем +18...+22°C, ночью +16...+18°C, относительная влажность 70–80 %.

Система открывания окон – фрамуг осуществляется с помощью электрического привода в автоматическом режиме, с возможностью перехода на ручной режим. На диспетчерский пункт поступает информация о нормальной работе системы открывания окон, или аварии, информация о положении групп фрамуг (открыто/закрыто) и об отсутствии электропитания (на время работы бесперебойного источника питания). Фрамуги закрываются автоматически в случае продолжительных сильных порывов ветра и мощного ливневого фронта – срабатывают датчики скорости ветра и датчика дождя. Это работает, хотя был единичный случай спонтанного мощного неожиданного порыва ветра и начавшегося сильного ливня – одна из верхних фрамуг не успела закрыться и вместе с алюминиевым профилем была вырвана из стального каркаса и пролетев по ветру 30 м приземлилась рядом с оранжереей. Кроме того, несмотря на то, что фрамуги были установлены на разных вертикальных уровнях, естественная вентиляция в жаркие летние дни не помогала – температура воздуха на уровне 1,5–2 м от уровня пола была выше +35°C, а на высоте 15 уходила за +40°C, что для крон высаженных деревьев, эпифитов и лиан было просто губительно. Но наиболее жарко было в солнечные дни февраля-марта, когда солнце уже через стекло припекает, но холодно, и фрамуги не открываются. Поэтому система проветривания была модифицирована и дополнена крупными вентиляционными устройствами – дестратификаторами, установленными в самых верхних частях оранжереи, под стеклянным куполом, на высоте более 25 м. Благодаря их работе, нагретый воздух, который в отапливаемых помещениях поднимается вверх, отбирается осевыми вентиляторами дестратификаторов, которые затем производят сильный выброс воздуха вниз. Чем выше оранжерея, тем значительнее разброс. Благодаря перемешиванию воздушных масс устанавливается средняя температура в разных слоях воздуха в оранжерее и растения предохраняются от температурного шока.

Автоматизация системы технологического освещения запускается по заранее заданному алгоритму. В тропиках продолжительность светового дня почти равна продолжительности ночи. В зимнее время в умеренной полосе тропические растения в оранжереях особенно страдают из-за короткого светового дня – увеличивается листопад, при повышении температуры и сухости воздуха в темном помещении растения слабеют и становятся более доступными для атаки вредных насекомых и микроорганизмов. Досветка растений до 12-часового светового дня (1–3 часа утром, до восхода солнца, 1–3 часа вечером, после захода солнца) положительно сказывается на здоровье растений, их росте и развитии. Установленные по периферии отделения на высоте 16,7 м. натриевые лампы дают освещенность в 10 000 люкс на поверхности земли. Благодаря этому многие тропические растения не только хорошо пережили зиму, но и впервые зацвели или обильно цвели весь холодный период года. Это такие растения как *Spathodea campanulata* P. Beauv., *Alstonia scholaris* (L.) R. Br., *Pongamia pinnata* (L.) Pierre, *Artocarpus heterophyllus* Lam., *Clerodendrum quadriloculare* (Blanco) Merr. и др. Результаты работы этой системы наиболее наглядно отражаются на растениях. В последние два года система верхней досветки растений отключена из-за неудовлетворительного состояния проводки, больших эксплуатационных расходов – и как результат, цветущих растений стало на порядок меньше, значительно увеличился листопад. Кроме верхнего основного освещения, устроена декоративная подсветка дорожек стационарными округлыми низковольтными светодиодными светильниками-таблетками (класс защиты не менее IP 65). Они установлены вдоль маршрутов движения посетителей и включаются в основном в зимнее время. Для улучшения зрительского восприятия наиболее интересных растений установлены переносные низковольтные светодиодные светильники. Для подсветки таких растений с разных сторон используются обычно группа из 2–3 штук светильников.

Автоматизация системы подогрева почвы по техзаданию обеспечивала требуемую температуру почвы 1°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) на глубине 0,6 м. На практике это оказалось ненужным, поскольку высота грунта в оранжерее местами достигает 2 метров, и мороз даже снаружи сковывает землю на глубину не более

60 см. Систему включали один раз – пошел пар от земли, влажность достигла почти 100 %, стало жарко и очень душно, невыносимо для работы садового персонала, и её отключили.

Автоматизированная система водоподготовки на основе обратного осмоса обеспечивает высокое качество очистки. К сожалению, мембраны достаточно быстро засоряются солями кальция и магния, другими примесями. Их регулярная замена является недешевым мероприятием. Поломки этой системы сказываются на работе других автоматизированных систем.

Автоматизированная система водораспределения используется после водоподготовки для подачи воды для шлангового полива, приготовления жидких удобрений, системы дождевания и туманообразования.

Автоматизированная система туманообразования создает мелкодисперсионное распыление, обеспечивающее дополнительную оптимальную относительную влажность воздуха для тропических растений. Кроме того, эта система позволяет немного снизить на несколько градусов температуру воздуха. Система работала в вечернее время, как и в природе в это время суток, остужая и увлажняя поверхность листьев растений. Кроме того, включение этой системы в дневное время не доставляет комфорта для работы садового персонала и посетителей оранжереи. Система туманообразования была установлена не ранее 2011 г., долго работала в тестовом режиме, и в настоящее время оптимально не работает. Причиной этого является вода, которая должна поступать очищенной, иначе форсунки ломаются и выходят из строя. Загрязнение дорогостоящих фильтров в системе водоподготовки быстро выводят из строя систему туманообразования, поэтому в этом случае её лучше не включать до установки новых фильтров и прочистки всей системы.

Автоматизированная система дождевания запускается в оранжерее в теплое время года один раз в день для полива, для промыва почвы от избыточного засоления, уменьшения прогрева поверхностных слоев воздуха и дополнительного повышения влажности. В холодные, облачные весенние и летние дни необходимость в ежедневном дождевании отпадает. В настоящее время система работает в смешанном механическо-автоматизированном режиме. «Дождь» включается в самое теплое время суток, в 12–14 часов, продолжительностью 3–10 минут с интенсивностью дождя 10–15 мм/кв. м. В настоящее время система автоматизирована только по параметрам задания общего количества потребляемой воды из баков водоподготовки, или по продолжительности использования. Указанные в техзадании 15 минут включения «дождя» оказалось затратным мероприятием – воды берется слишком много из системы водоподготовки, и её не остается на шланговый полив растений в этом и других отделениях. За прошедший период были выявлены ряд других недостатков установленной системы дождевания (верхнего полива). В 2010 г. были повалены или сломаны более десятка деревьев после первых включений этой системы. Причиной этого стала недавняя посадка растений, которые имели мало сформированную корневую систему. Похожая ситуация, но в меньшей мере происходит ежегодно во время первых включений дождевания весной из-за засорения части отверстий в системе в зимнее время, и более сильного потока воды из других отверстий, которые мощно бьют по отдельным растениям, ослабленным в зимнее время (при отключении верхней подсветки). Даже в исправном состоянии системы выяснилось, что не все части оранжереи, а соответственно растения, попадают в зону дождя. Поэтому автоматическое дождевание должно рассматриваться только как дополнение к основному, ручному шланговому поливу. И наконец, опытным путем установлено, что для лучшей сохранности растений предпочтительнее интенсивность дождя 10 мм/кв. м или чуть меньше, чем интенсивность дождя 15 мм/кв. м.

Автоматизированная система обогрева купола. Благодаря работе в холодное время года отопительных регистров, установленных по периферии отделения на разных высотах стеклянного купола, снег не залеживается и быстро тает, стекая вниз по наклонной крыше. Благодаря этому растения в оранжерее получают больше естественного света. За счет выноса в 2015 г. отопительных коммуникаций над уровнем почвы из подпольных каналов дало возможность увеличить площади для посадки растений в отделении «Тропический лес» на 250 м².

Диспетчеризация – информация о работе всех автоматизированных систем выводится на экран диспетчера. Это информация с датчиков, расположенных в разных частях оранжереи. В зависимости от параметров каждой системы автоматизации можно судить об их нормальной работе, аварии, или другой информации об их свойствах (давлении, pH, расходу и т.д.).

Работа выполнена в рамках госзадания ГБС РАН «Биологическое разнообразие природной и культурной флоры: фундаментальные и прикладные вопросы изучения и сохранения» (№18-118021490111-5), на базе УНУ «Фондовая оранжерея».