

С. Л. Горобченко

Д. А. Ковалёв

Г. П. Буйлов

**АВТОМАТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

**СПЕЦИАЛЬНЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ
СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ
VALMET AUTOMATION**

Часть 1

Учебное пособие

**Санкт-Петербург
2022**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»**
Высшая школа технологии и энергетики

С. Л. Горобченко

Д. А. Ковалёв

Г. П. Буйлов

**АВТОМАТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

**СПЕЦИАЛЬНЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ
СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ
VALMET AUTOMATION**

Часть 1

Учебное пособие

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД

Санкт-Петербург
2022

УДК 676: 681.3(075)

ББК 35.77я7

Г 700

Рецензенты:

менеджер продуктовой линии датчиков концентрации для целлюлозно-бумажной промышленности АО «Валмет»

С. В. Харичев;

кандидат технических наук, профессор Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна

В. И. Сидельников

Горобченко, С. Л., Ковалёв, Д. А., Буйлов, Г. П.

Г 700 Автоматика и автоматизация производственных процессов целлюлозно-бумажного производства. Специальные автоматические средства измерений Valmet Automation. – Часть 1: учеб. пособие / С. Л. Горобченко, Д. А. Ковалёв, Г. П. Буйлов. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2022. – 85 с.

ISBN 978-5-91646-286-9

Практикум соответствует программам и учебным планам дисциплины «Автоматика и автоматизация производственных процессов целлюлозно-бумажного производства» для студентов, обучающихся по направлению 15.03.02 «Автоматика и автоматизация производственных процессов в ЦБП». Термины и определения в настоящем издании приведены в авторской редакции.

В учебном пособии изложены основные сведения по специальным средствам измерений, применяемым в целлюлозно-бумажной промышленности. В российском ЦБП к ним в основном относятся широко применяемые датчики концентрации, измерительные приборы и устройства компании Valmet Automation, Финляндия.

В 1-й части данного пособия приведены сведения по датчикам (преобразователям) концентрации Valmet, применяемым на основных технологических участках целлюлозно-бумажного производства. Также включены справочные данные и примеры их установок на технологических линиях ЦБП. Приводятся рекомендации по выбору датчиков концентрации для различных технологических сред целлюлозного и бумажного производства.

УДК 676: 681.3(075)

ББК 35.77я7

ISBN 978-5-91646-286-9

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2022

© Горобченко С. Л., Ковалёв Д. А.,
Буйлов, Г. П. , 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ИЗМЕРЕНИЙ КОНЦЕНТРАЦИИ В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	5
1.1. Измерение концентрации волокнистой суспензии	5
1.2. Измерение средних концентраций	6
1.3. Измерение низких концентраций	14
2. ДАТЧИКИ КОНЦЕНТРАЦИИ КОМПАНИИ VALMET AUTOMATION	17
2.1. Обзор датчиков концентрации Valmet Automation.....	17
2.2. Лопаточные датчики	20
2.3. Ротационные датчики концентрации	35
2.4. Микроволновые датчики концентрации.....	50
2.5. Оптические датчики концентрации.....	58
2.6. Пробоотборники	69
3. ВЫБОР ДАТЧИКОВ КОНЦЕНТРАЦИИ.....	73
4. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ	76
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	77
ПРИЛОЖЕНИЕ	78
СЛОВАРЬ АНГЛОЯЗЫЧНЫХ ТЕРМИНОВ.....	83
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	85

ВВЕДЕНИЕ

Современный производственный контроль технологических сред и технико-потребительских свойств бумажной продукции характеризуется широким применением разнообразных специальных приборов, установок и целых комплексов (анализаторов) с использованием современных средств измерений, вычислительной, регулирующей аппаратуры и оборудования.

Наблюдаемая в последние годы в бумажном производстве тенденция к росту ширины полотна и скоростей бумагоделательных машин требует все более оперативного контроля и широкого внедрения методов непрерывных автоматических измерений качества продукции на различных этапах технологического процесса. Развитие средств непрерывного автоматического контроля концентрации бумажной, целлюлозной массы и других технологических сред целлюлозно-бумажного производства имеет важное экономическое значение, способствуя повышению качества продукции, производительности труда и снижения себестоимости бумажной продукции.

В пособии описаны современные датчики (преобразователи, измерители) концентрации, встраиваемые в технологические линии целлюлозно-бумажного производства и предназначенные для автоматического контроля этого, без сомнения, одного из наиболее важных измеряемых показателей бумажной массы. Большое внимание уделено практическим особенностям установки и применения этих специальных средств измерений в технологических схемах основных изготовителей технологических автоматизированных линий целлюлозно-бумажного производства.

1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ИЗМЕРЕНИЙ КОНЦЕНТРАЦИИ В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Измерение, контроль и регулирование концентрации занимает одно из самых значимых мест в обеспечении качества целлюлозной и бумажной массы и ряда технологических сред, включая сточные воды в целлюлозно-бумажном производстве. На большинстве производств используются сотни датчиков концентрации, установленных повсеместно по всему технологическому процессу, но особенно важное место измерение концентрации занимает в критических и «выпускных» процессах, когда масса переходит с участка на участок и на бумагоделательную машину.

В связи с этим рассмотрение датчиков концентрации выделено в отдельный подраздел в общей теме «Специальные средства измерений в целлюлозно-бумажной промышленности», являющейся частью курса «Автоматика и автоматизация производственных процессов в ЦБП».

1.1. Измерение концентрации волокнистой суспензии

Бумажная, древесная и целлюлозная массы представляют собой водную суспензию волокнистых материалов. Основной ее характеристикой является концентрация, т. е. содержание в ней абсолютно сухого волокна в массовых процентах. Можно выделить следующие диапазоны применяемых концентраций, %: размол сгущенной массы при производстве древесной массы из щепы в современных размалывающих установках: 15 – 30; обычные непрерывные методы размолы: 3 – 12; процессы дозирования и составления композиции: 2 – 3,5; процессы сортирования и подачи массы на плоскосеточные и круглосеточные машины, осветление оборотных вод: 0,04 – 1,5; очистка оборотных и сточных вод: 0,003 – 0,15. Таким образом, в различных технологических процессах приходится контролировать концентрацию в диапазоне от 0,003 до 30 % [1].

Как известно, непосредственно измерить концентрацию, т. е. содержание абсолютно сухого волокна в единице объема, возможно только в лабораторных условиях. Измерение концентрации проб массы производят путем их фильтрации, сушки и взвешивания. Для непрерывного измерения концентрации применяют датчики, принцип действия которых основан на косвенных методах измерения. Все эти методы имеют существенные ограничения по пределам измерения концентрации. Применение косвенных методов связано с дополнительными погрешностями измерений из-за влияния различных побочных факторов: температуры, давления, скорости потока, степени помола.

1.2. Измерение средних концентраций

Для измерения средних концентраций от 1,5 до 5 % применяются датчики, принцип действия которых основан на гидродинамических (реологических) свойствах волокнистой суспензии.

При рассмотрении движения жидкостей по трубопроводам различают: ньютоновские жидкости, скорость движения по трубопроводу которых линейно зависит от приложенной силы сдвига; вязкопластические и псевдопластические жидкости, скорость движения которых по трубопроводу имеет нелинейную зависимость от приложенной силы сдвига.

Приблизительно можно считать, что волокнистая суспензия имеет свойства вязкопластических и псевдопластических жидкостей, так как не учитывается наличие волокнистой упругой объемной структуры. Такая структура образуется при движении суспензии с концентрацией более 0,8 % из-за переплетения волокон друг с другом. При практически применяемых концентрациях суспензии и диаметрах трубопроводов волокнистая суспензия обладает свойствами псевдопластической жидкости с показателем потока $n \approx 0,2$, что соответствует «поршнеобразному» характеру распределения скоростей по сечению.

При малой скорости движения трение волокон о стенку трубопровода больше трения между слоями, поэтому у стенок суспензия неподвижна. При повышении скорости трение между слоями волокон возрастает и при скорости более 0,3 – 0,6 м/с делается больше, чем трение волокон о стенку трубопровода. Суспензия начинает двигаться «поршнем» без относительного сдвига слоев, скользя вдоль стенок. При этом в пограничном слое стенка – «поршень» образуется водяное кольцо. При концентрации суспензии 2,5 – 4 % и скорости движения массы 0,6 – 1,5 м/с толщина водяного кольца составляет сотые доли миллиметра. При скорости потока суспензии более 2 м/с движение становится турбулентным, захватывая сначала водяное кольцо, а затем все сечение трубопровода, приводя к разрушению волокнистой структуры.

Изменение температуры суспензии сказывается на величине вязкости воды. При малой скорости и концентрации колебания температуры оказывают большее влияние на характер движения массы, чем изменение концентрации.

Датчики, основанные на измерении сопротивления движению суспензии.

Известно, что концентрация суспензии определяет потери напора в трубопроводе, по которому она движется. Величина сопротивления движению волокнистой суспензии по трубопроводу может явиться мерой концентрации в ней волокна. По этому принципу построены датчики, в которых суспензия из приемного кармана с переливом сливается по наклонному лотку в возвратный трубопровод (рис. 1.1а). Уровень в лотке определяется скоростью движения в нем суспензии, которая в свою очередь при данном наклоне лотка зависит от концентрации суспензии. Для измерения уровня в лотке может применяться

поплавок 1 с механической передачей или пневмометрическая трубка. Пределы измерения датчика изменяются углом наклона лотка и расходом через него суспензии, причем, чем выше измеряемая концентрация, тем больше должен быть угол наклона лотка.

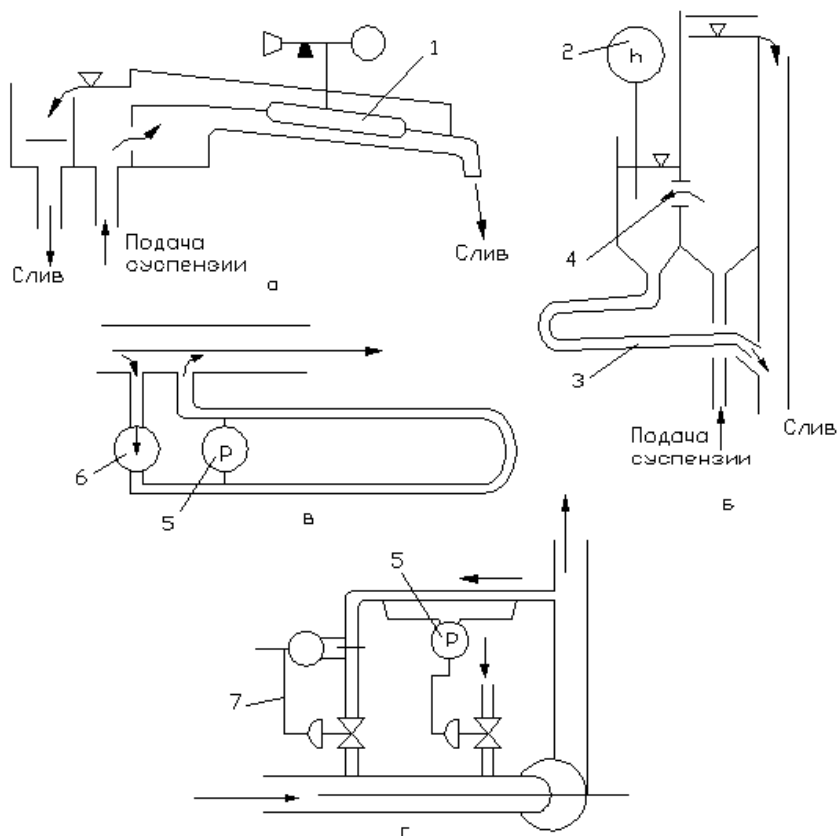


Рис. 1.1. Схемы датчиков концентрации волокнистой суспензии, основанных на измерении сопротивления движению суспензии

В датчике с трубкой сопротивления (рис. 1.1б) измерительным элементом является воронка, в которую подается суспензия через калиброванное отверстие 4 из впускного отсека с постоянным уровнем. Выход суспензии из воронки осуществляется через изогнутую трубку трения 3. Потеря напора в этой трубке и устанавливающийся уровень суспензии в воронке определяются концентрацией волокна в протекающей суспензии. Для измерения уровня используется пневмометрическая трубка 2, что позволяет применять стандартные пневматические приборы.

В системе измерения концентрации, основанной на измерении потери напора ΔP на участке массопровода после дозирующего насоса 6 (рис. 1.1в), концентрация может быть подсчитана по формуле:

$$C = 2,5 \sqrt{\frac{\Delta P D}{K F \nu^{0,15}}}, \quad (1.1)$$

где: c – концентрация суспензии; K – постоянная трубопровода; F – постоянный коэффициент, зависящий от вида суспензии, величины pH и температуры; ν – скорость движения суспензии; D – диаметр трубопровода.

Потеря напора ΔP может быть измерена дифманометром 5.

Для измерения концентрации суспензии этим методом с достаточной точностью необходимо поддерживать постоянными расход суспензии через мерный трубопровод, температуру с помощью регулятора 7 и степень помола суспензии (рис. 1.1з).

Роторные датчики для открытых сосудов

Датчики роторного (ротационного) типа основаны на измерении поверхностного трения суспензии. В этом случае разность скоростей между суспензией и соприкасающейся с ней поверхностью создается вращением погруженного в суспензию тела (насадки) той или иной формы (рис. 1.2).

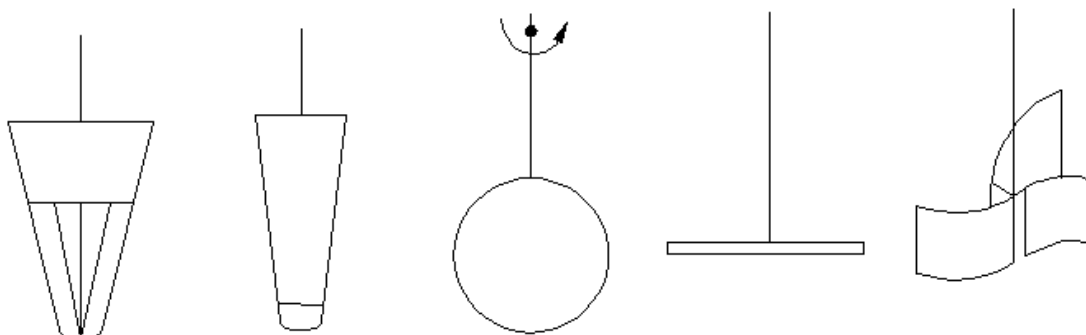


Рис. 1.2. Формы насадок роторных датчиков

В качестве насадок применяют ребристый конус, как это сделано у отечественных датчиков ДКП-63 и ДКБМ-62. Число оборотов насадки у датчиков не более 100 об/мин, поэтому окружная скорость по отношению к суспензии мала из-за малых размеров насадки и колеблется от 0,15 до 0,3 м/с, т. е. находится в области до образования водяного слоя. Сопротивление вращению ротора, измеряемое этими датчиками, определяется возникающей силой трения ротора непосредственно о суспензию. Форма поверхности насадки также влияет на момент сопротивления, например, наличие на ней ребер увеличивает чувствительность датчика.

Достаточная точность показаний датчиков концентрации роторного типа может быть обеспечена только при малых колебаниях температуры и степени помола.

Линейная зависимость момента M на оси ротора от концентрации C имеет место при концентрации более 1,5 %. Устойчивое измерение этими датчиками можно проводить в пределах от 1,5 до 5 %. Погрешность измерения не превышает $\pm 0,03$ %.

Датчики концентрации ДКП-63 и ДКБМ-62 применяются для измерения концентрации волокнистой суспензии в пределах от 0,5 до 5 %. Измеритель концентрации, включающий датчик ДКП-63 или ДКБМ-62 (рис. 1.3), состоит из приемного бака 1 и собственно датчика 2. Суспензия с расходом $0,5 \pm 0,1$ м³/мин поступает во внутренний стакан приемного бака для создания постоянного уровня и обтекает погруженную в этот стакан конусную насадку. Чувствительный элемент приводится во вращение со скоростью около 75 об/мин синхронным электродвигателем. Реактивный вращающий момент, возникающий вследствие трения насадки о суспензию и стремящийся повернуть статор двигателя, передается на рычаг пневмопреобразователя. Поворот этого рычага изменяет положение заслонки относительно сопла. Выходной стандартный пневматический сигнал, пропорциональный измеряемой величине концентрации, подается на выход прибора. Чем глубже погружен конус, тем больше поверхность соприкосновения с суспензией, тем более низкую концентрацию можно измерить.

Датчик ДКБМ-62 регулятора концентрации РКБМ-62 отличается от датчика ДКП-63 тем, что имеет не пневматический, а дифференциально-трансформаторный преобразователь со стандартным электрическим выходом.

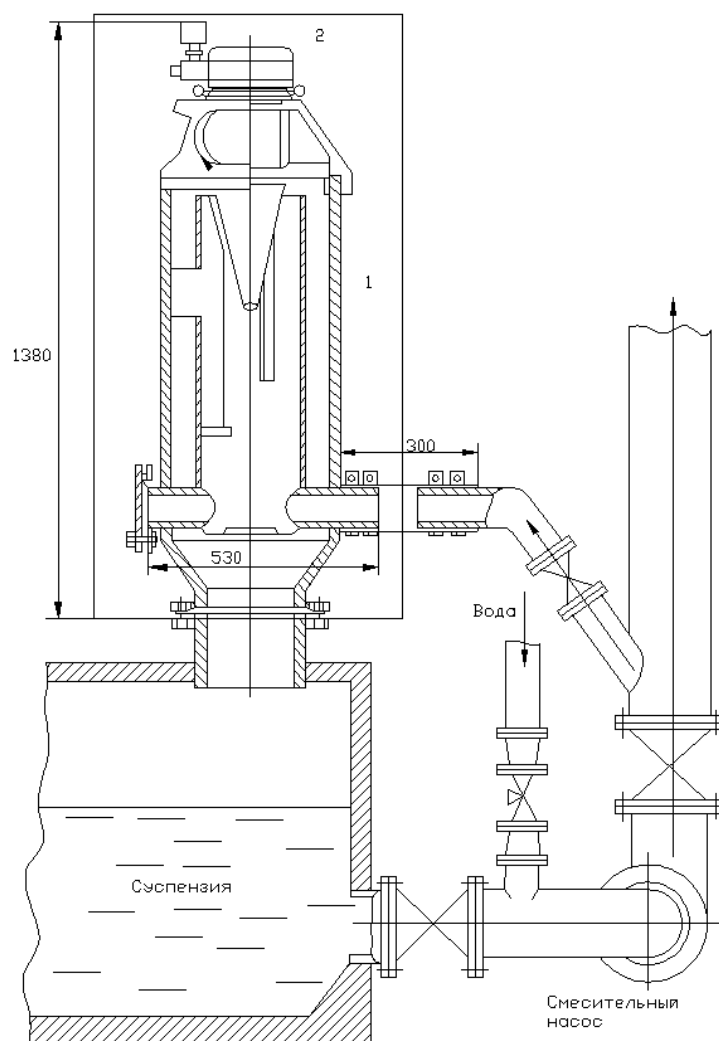


Рис.1.3. Измеритель концентрации с роторным датчиком для открытых сосудов

Роторные датчики для напорных линий

Роторные датчики для напорных линий измеряют поверхностное трение волокнистых суспензий о ротор, зависящее от концентрации и скорости суспензии. Эти датчики монтируются непосредственно в массопроводах, работающих под давлением. Для полного исключения влияния скорости течения чувствительные элементы стали устанавливать в местных расширениях трубопроводов, где скорость снижается до минимума.

Чувствительные элементы различных конструкций и видов (рис. 1.4) располагаются в специальном расширении трубопровода (нише) как параллельно, так и перпендикулярно потоку суспензии. Достоинством этих датчиков является возможность применения для каждого вида суспензии чувствительного элемента особой формы, что обеспечивает максимальную чувствительность измерения. На показания датчиков влияют изменения температуры, помола, состава суспензии и содержания в ней наполнителей.

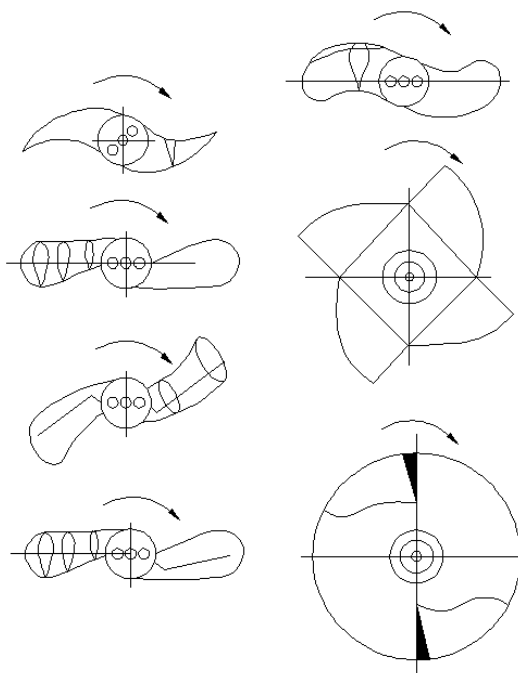


Рис. 1.4. Чувствительные элементы роторных датчиков для напорных линий

Датчики быстро и точно реагируют на флуктуации концентрации. В области нормальных скоростей потоков они нечувствительны к флуктуациям давления и скорости потока. Они могут устанавливаться вблизи смесительных насосов в трубопроводах. Диапазон измерения концентрации 0,8 – 8 %. Благодаря массивной конструкции датчики могут применяться также для измерения концентрации несортированной волокнистой суспензии.

Датчики обтекания для напорных линий

Если погрузить в поток волокнистой суспензии какое-либо неподвижное тело, например, стержень или типа «хоккейная клюшка», то на него будет действовать сила, разрывающая волокнистую структуру «поршня» движущейся суспензии, и сила поверхностного трения о поверхность тела, которые зависят от концентрации суспензии. Кроме того, на чувствительный элемент действуют скоростной напор, зависящий от скорости потока, и тянущие силы, возникающие при сходе потока с чувствительного элемента.

Таким образом, сила, действующая на погруженный в массопровод чувствительный элемент, зависит от концентрации суспензии и скорости потока. Поэтому форма чувствительного элемента должна быть такой, чтобы максимально сократить влияние составляющей скоростного напора.

В качестве чувствительных элементов для этих датчиков используются: гибкий стержень (рис. 1.5а); датчик типа «палец» (рис. 1.5б); согнутый стержень (рис. 1.5в). Датчик измеряет усилие, которое стремится изогнуть палец, поднять

«палицу», преобразовывая его в стандартный пневматический или электрический выходной сигнал с использованием элементов обычных преобразователей.

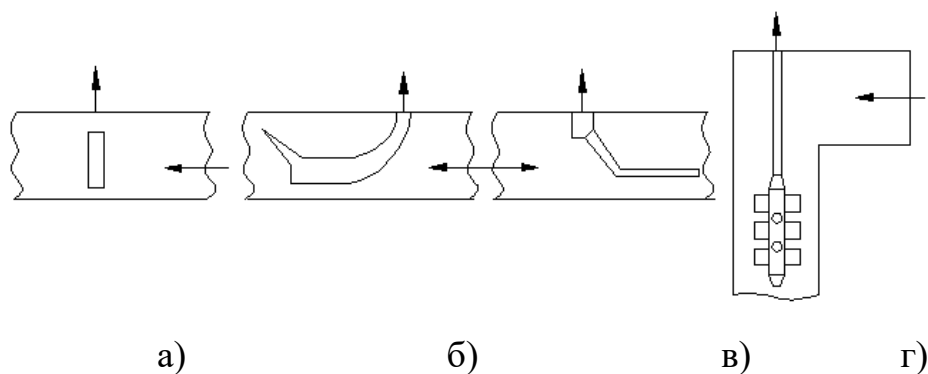


Рис. 1.5. Формы чувствительных элементов датчиков обтекания:
 а) гибкий стержень; б) «хоккейная клюшка» или «ятаган»; в) согнутый стержень, г) «палица»

Все эти датчики не имеют компенсации скоростного напора, и поэтому действующие на них усилия зависят не только от концентрации, но и от скорости потока. Для ослабления этого влияния датчики при скорости более 1,2 м/с устанавливаются в специальных расширениях трубопроводов. Для исключения завихрений и повышения чувствительности датчика за счет увеличения составляющей, связанной с поверхностным трением, которое резко возрастает из-за увеличения боковых поверхностей чувствительного элемента, стали применять датчики типа «ятаган» или «хоккейная клюшка» (рис. 1.5б). Этот датчик имеет специальный хвостовик, служащий для компенсации тянущих сил. Граница применения этих датчиков ограничена скоростями потока более 0,6 м/с, чтобы на гранях не образовывался водяной слой.

Передняя грань чувствительного элемента должна быть тупой. При острой передней грани происходит простое обтекание лопатки суспензии без изменения ее скорости. Оптимальная толщина передней грани чувствительного элемента от 6 до 8 мм. Под действием приложенной к чувствительному элементу результирующей силы рычаг, на котором крепится чувствительный элемент, перемещается и свое перемещение передает преобразующему устройству.

Описанные датчики применяются для измерения концентрации суспензии в пределах от 1 до 5 % в напорных трубопроводах диаметром не менее 150 мм при давлении до 0,6 МПа, температуре до 95 °С и скорости потока от 0,2 до 3 м/с. Примером таких датчиков могут быть датчики типа «АИК-Э1» (НПО «Гауя»), «ДКБП-70А» (НПО «Буммаш») (рис. 1.6).

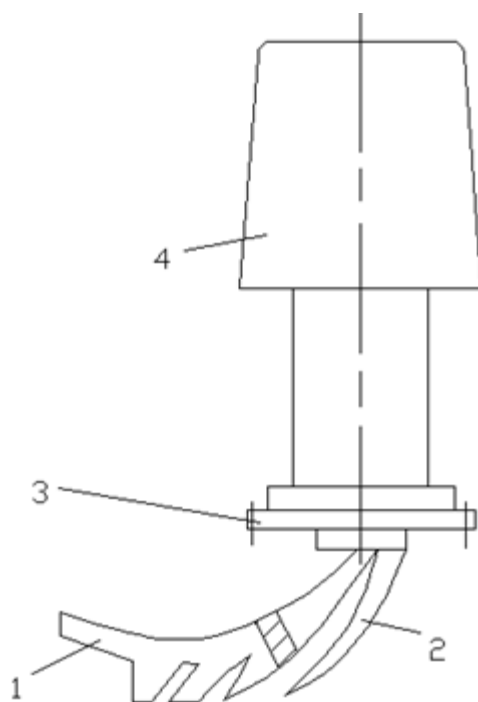


Рис. 1.6. Датчик концентрации ДКБП-70А

Датчик ДКБП-70А отличается тем, что его чувствительный элемент 1 имеет два косых среза, как бы три передних грани. Это повышает чувствительность датчика. Перед чувствительным элементом установлен отражатель скоростного напора 2. Датчик крепится к трубопроводу при помощи фланца 3.

Изгибающий момент, действующий на чувствительный элемент, преобразуется в пневмосигнал с помощью пневмопреобразователя 4. На результаты определения концентрации по измерению трения и усилия сдвига влияют многие факторы: температура массы, содержание в ней воздуха и наполнителей, вид полуфабриката и состояние волокон (степень помола, взаимодействие между волокнами и т. д.), скорость течения. От температуры зависят вязкость воды, эластичность и трение волокон, поэтому изменение температуры на 1° может вызвать изменение сигнала датчика примерно на 0,2 %.

Погрешность измерения при постоянстве композиции, степени помола и температуры массы составляет 0,05 % концентрации, а дополнительная погрешность при четырехкратном изменении скорости суспензии по трубопроводу до $\pm 0,025$ %.

1.3. Измерение низких концентраций

Существующие способы измерения средних концентраций не пригодны для измерения низких концентраций волокна ввиду большой погрешности при флуктуациях температуры, плотности и других факторов. Между тем точное измерение низких концентраций волокна приобретает особое значение при освоении производства самых тонких видов бумаг. Концентрация подсеточных, оборотных и сточных вод является не только показателем количества промывов, но и важной характеристикой состояния массы на сетке. В настоящее время для контроля низких концентраций волокна применяются способы, основанные на свойстве волокнистой суспензии деполяризовывать линейно поляризованный свет.

Задачами создания датчиков низкой концентрации в СНГ занималась лаборатория средств автоматизации УкрНПОбумпром. В этой лаборатории был разработан датчик (рис. 1.7), позволяющий измерять самые низкие концентрации волокна, причем показания его не зависят от температуры, pH, изменения интенсивности и цвета красителей, нестабильности источника света. Датчик предназначен для измерения концентрации непосредственно перед напуском массы, а также концентрации волокна в подсеточной, оборотной и сточной водах.

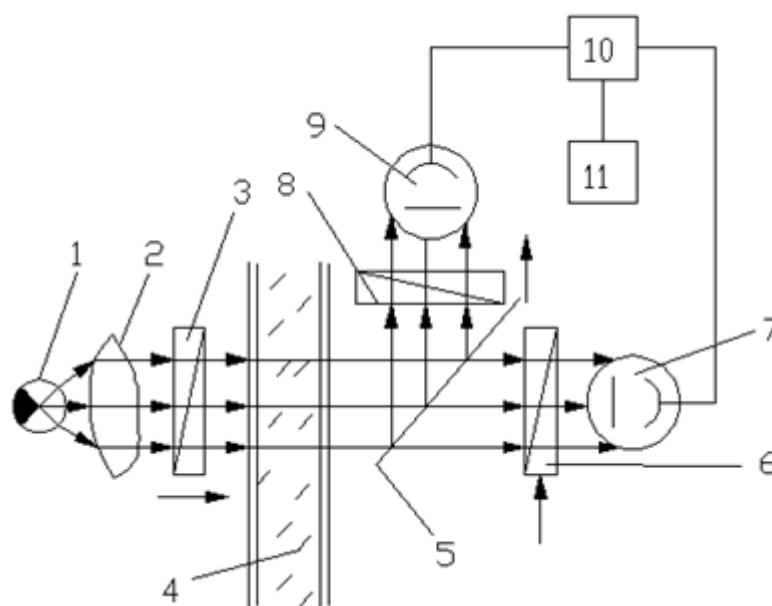


Рис. 1.7. Оптическая схема датчика низких концентраций

Принцип работы датчика основан на том, что свет, проходящий через суспензию, и являющийся линейно поляризованным светом, взаимодействуя с суспензией целлюлозы, превращается в частично линейно поляризованный свет. Как известно, целлюлозные волокна обладают двойным

лучепреломлением. Хаотическая ориентация волокон относительно плоскости поляризации линейно поляризованного света обеспечивает суспензии свойство деполаризовывать поляризованный свет.

В качестве сигнала, пропорционального концентрации волокон в суспензии, в датчике выбрано поляризованное отношение. Свет от источника 1 фокусируется с помощью линзы 2 в параллельный пучок и через поляризатор 3 направляется в кювету с контролируемой суспензией 4. Прошедший суспензию пучок света разделяется полупрозрачным зеркалом 5 по двум каналам, в которых помещены анализаторы 6 и 8. Свет обоих каналов поступает на фотоэлементы 7, 9. Электрические сигналы их подаются в аналоговый блок 10, выполняющий операцию деления. Результат деления поступает на измерительный прибор 11 и является сигналом, пропорциональным концентрации волокна в суспензии.

Отличительной особенностью разработанной схемы является наличие анализаторов в обоих сравниваемых каналах. При этом плоскость поляризации одного анализатора совпадает с плоскостью поляризации поляризатора 3, а плоскость поляризации другого – перпендикулярна ей.

Оптическая схема датчика положена в основу прибора, разработанного УкрНПОбумпром для измерения концентрации волокна в сточных водах бумажной фабрики. Диапазон измеряемых концентраций лежит в пределах от 0 до 2 г/дм³.

Оптические датчики концентрации зарубежных компаний позволяют измерять концентрацию в диапазоне 0,1 – 6 %. В измерителе используется дифференциальный метод, основанный на измерении интенсивности светового излучения, рассеянного волокнами суспензии и поглощенного водой в пространстве между волокнами. Головка чувствительного элемента содержит источник светового излучения суспензии и оптические фильтры, разделяющие по двум длинам волн рассеянное в воде и отраженное от волокон вторичное излучение, которое по световодам передается от головки на вторичную аппаратуру.

Головка чувствительного элемента выполняется легкоъемной путем установки ее на отборное устройство с помощью шарового крана, закрытие которого отсекает суспензию от защитного стекла и позволяет произвести очистку стекла от возможного слизееобразования и загрязнения. Дифференциальный метод измерения дает возможность уменьшить влияние на результат измерения концентрации суспензии загрязнений. Аналоговые измерители имеют стандартный выход 4 – 20 мА или 1 – 5 В. Имеется устройство температурной компенсации в диапазоне 30 – 70 °С.

Для измерения концентрации в диапазоне 0 – 1,5 % используется принцип поляризации света, фокусируемого на поток волокнистой суспензии, с последующим разделением светового излучения после его прохождения через пробоотборник на поляризованную и деполаризованную составляющие, отношение которых пропорционально концентрации.

Приборы инфракрасного излучения

В СССР (УкрНПОбумпром) разработан прибор КБМ для измерения концентрации бумажной массы, устанавливаемый преимущественно перед напорным ящиком бумагоделательной машины. Принцип действия прибора основан на использовании избирательных свойств целлюлозы диффузно отражать инфракрасное излучение. Диапазон измерения концентрации 0,1 – 0,6 %, основная погрешность измерения до $\pm 0,05$ %, выходной сигнал 0 – 5 мА.

Прибор состоит из первичного преобразователя (датчика) и измерителя. Кроме этого прибор комплектуется стабилизатором напряжения и при необходимости самопишущим прибором типа КСПЗ-П230. Датчик формирует световой сигнал и преобразует его в электрический с амплитудой, пропорциональной величине рассеянного излучения волокнами целлюлозы, который по кабелю поступает в измеритель. Конструктивно датчик выполнен в виде самостоятельного блока, на одной из сторон которого имеется цилиндрический выступ с двумя рабочими окнами, соприкасающимися с контролируемой средой при установке датчика на трубопроводе или других емкостях, в которых необходимо измерять концентрацию бумажной массы.

Измеритель предназначен для обработки сигналов датчика и выдачи стандартных сигналов и состоит из блока питания и измерительного блока. Блок питания обеспечивает необходимым напряжением датчик и измерительный блок. Измерительный блок преобразует сигнал в стандартный, а также с помощью приборов позволяет визуально наблюдать за изменением концентрации.

Прибор показывает величину измеряемой концентрации (с помощью градуировочной характеристики), и величину отклонения от заданной концентрации. Допустимый диапазон отклонения концентрации устанавливается на приборе, и при выходе за установленный предел прибор выдает световой сигнал, показывающий отклонение в большую или меньшую сторону. Датчик может быть удален от измерителя на 15 м.

2. ДАТЧИКИ КОНЦЕНТРАЦИИ КОМПАНИИ VALMET AUTOMATION

Датчики концентрации компании Valmet Automation повсеместно установлены на технологических линиях целлюлозно-бумажных производств в России и СНГ. Они широко известны, доказали свою эффективность в повышении качества бумажной массы и основаны на современных способах и методах получения достоверных данных и измерительной информации.

2.1. Обзор датчиков концентрации Valmet Automation

Компанией Valmet Automation разработана линейка решений в области измерений концентрации массы, покрывающая основные диапазоны измерений концентрации массы, принятой в целлюлозно-бумажной технологии. Ниже приводятся основные типы датчиков концентрации, предназначенные для ее измерений (в зависимости от принципа измерений и диапазона концентраций массы).

Лопаточный датчик Valmet SP для измерения в диапазоне 0,7 – 16 % волокна в массе является одним из универсальных датчиков концентрации и обеспечивает надежное, точное и экономичное ее измерение для большинства процессов. Это экономичный вариант с простой установкой и низкими потребностями в обслуживании (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Лопаточный датчик Valmet SP [4]

Ротационный датчик Valmet Rotary (измерение в диапазоне 1,5 – 16 % волокна) — это модульная и экономически эффективная конструкция с возможностью подбора модулей под индивидуальные технические требования. Для повышения качества измерений в нем используются детали, рассчитанные на высокую надежность и длительный срок службы (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Ротационный датчик Valmet Rotary [4]

Микроволновый датчик Valmet MCA (измерение в диапазоне 0 – 16 % волокна в массе) Микроволновый датчик концентрации MCA измеряет общую концентрацию технологического потока целлюлозы независимо от длины волокна, степени помола, типа древесного волокна или их смеси. Измерение не зависит от скорости потока, яркости или цвета и обеспечивает лучший контроль для более эффективного производства, повышения качества и экономии средств (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Микроволновый датчик концентрации Valmet MCA [4]

Оптический датчик Valmet OC (измерение в диапазоне 0 – 12 % волокна). Valmet OC подходит для многих типов процессов с измерением волокнистой суспензии. Различные версии датчиков обеспечивают широкую применимость и качество измерений. Семейство датчиков включает в себя Valmet OC2R – это усовершенствованная версия, способная измерять общую концентрацию и зольность отдельно (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Оптический датчик Valmet OC [4]

Оптический датчик Valmet LC (0 – 2 % волокна в массе) – это оптический датчик концентрации, основанный на измерении поляризации света. По сравнению с традиционными измерениями концентрации его самым большим преимуществом является то, что этот метод не зависит от изменений цвета и яркости целлюлозы. Общий вид датчика Valmet LC показан на рис. 2.5.



Рис. 2.5. Оптический датчик низкой концентрации Valmet LC [4]

Пробоотборники Valmet предназначены для надежного, репрезентативного и безопасного отбора проб. Лабораторные образцы, взятые пробоотборником, делают процесс калибровки более эффективным и точным. Используются две модели: Valmet Nove (экранированный, 0 – 8 % Cs) и Valmet Nove H (для диапазона концентраций 0 – 16 % Cs), которые охватывают большинство применений (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Проботборники Valmet Nove (а) и Valmet Nove H (б) [5]

2.2. Лопаточные датчики

Измерение концентрации с использованием лопаточного датчика концентрации является наиболее популярным в мире. Метод был запатентован и реализован в компании Valmet в 1954 году, а его основной представитель – датчик концентрации Valmet SP до сих пор является самым известным датчиком концентрации во всем мире. Причиной его успеха стали высокая точность, экономичность, надежность и практически не требующая технического обслуживания эксплуатация, а также соответствие требованиям измерений многих сред.

В датчиках Valmet SP используется модульная конструкция, точный датчик силы сдвига, улучшенная герметизация, обеспечивается более высокие температурные характеристики и помехозащищенность. Ввод в эксплуатацию и работа с пользователем обеспечиваются с помощью блока пользовательского интерфейса Valmet Link с графическим дисплеем, отображающим упрощенную структуру меню с простыми инструкциями для облегчения калибровки, детальной самодиагностики и подготовки к возможностям удаленного доступа с использованием технологии интернета вещей.

Значительное место при разработке датчиков нового поколения (уже 4-го) отдается модульности и совместимости с предыдущими версиями датчиков и чувствительных элементов, что также снижает потребность во множестве различных запасных частей. Общий вид датчика представлен на рис. 2.7.



Рис. 2.7. Датчик концентрации Valmet SP в комплекте [8]

Особенностью конструкций датчика является надежность. Так, Valmet SP имеет прочную конструкцию, требуемую для обеспечения высокой чувствительности датчика. Другим решением для повышения надежности является снижение потребности в профилактическом обслуживании. В этом случае датчик будет работать в течение длительного времени в различных технологических условиях. Тем не менее требуется выполнять условия установки датчиков для обеспечения качественных измерений и защиты составляющих его компонентов от неблагоприятных технологических условий.

Особенностью современных датчиков является высокое качество измерений. Для хорошего качества измерений важным является выбор чувствительного элемента, так как характеристики волокна сильно различаются для разных типов волокон. Переработанные волокна, например, имеют меньшую силу сдвига по сравнению с волокнами хвойных пород.

Для обеспечения качественных измерений предварительно осуществляют выбор чувствительных элементов на основе предварительно заложенных в программное обеспечение датчика калибровочных кривых.

Для повышения качества измерений и отстройки от отклонений, вызванных температурными колебаниями среды, используется дополнительная компенсация. Она используется для электроники, датчика силы сдвига и измерений температуры процесса. При нормальных условиях процесса температура обычно очень стабильна, но преимущество компенсации лучше всего видно при запуске машины и при сезонных колебаниях температуры процесса. При этом вязкость воды и жесткость волокон также могут оказать заметное влияние на результат измерения.

Установка и запуск датчика концентрации Valmet SP зависит от условий создания ламинарного потока для оптимальной работы. Правильный выбор чувствительного элемента (лопатки) и положения установки обеспечивается с помощью программы под названием Measurement Advisor. Программа находит наилучшее возможное положение для установки, а также при необходимости предоставляет варианты установки.

Инструкции по установке специфичны для каждой установки, чтобы обеспечить наилучшее качество измерений в соответствии с фактическими условиями процесса.

Схема электрических соединений датчика показана на рис. 2.8.

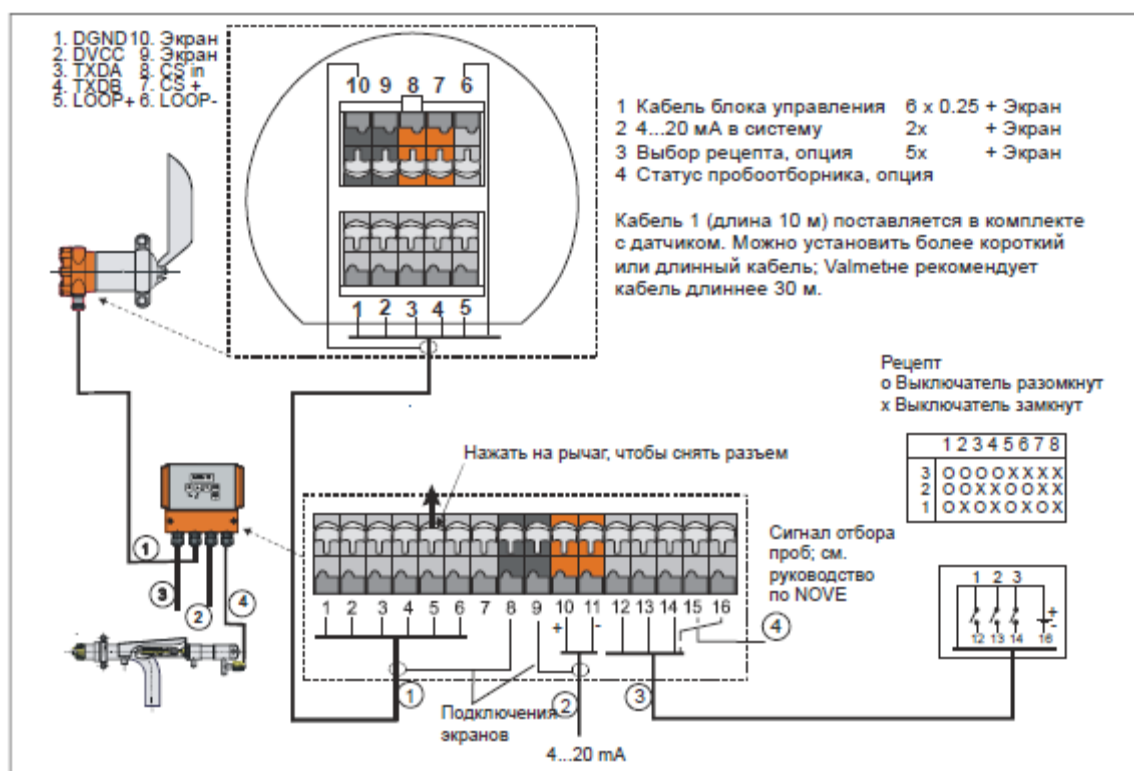


Рис. 2.8. Схема электрических соединений датчика концентрации Valmet SP [8]

Чтобы обеспечить хорошую работоспособность датчика, должна быть разработана простая и быстрая калибровка. Так, компания Valmet разработала калибровочные кривые для лопаток для различных типов целлюлозы (рис. 2.9). Для ввода в эксплуатацию выбирается подходящая, предварительно запрограммированная калибровочная кривая и отбирается один образец пульпы для сравнительного лабораторного исследования. Затем лабораторный результат вводится в панель оператора связи, и калибровка завершается.

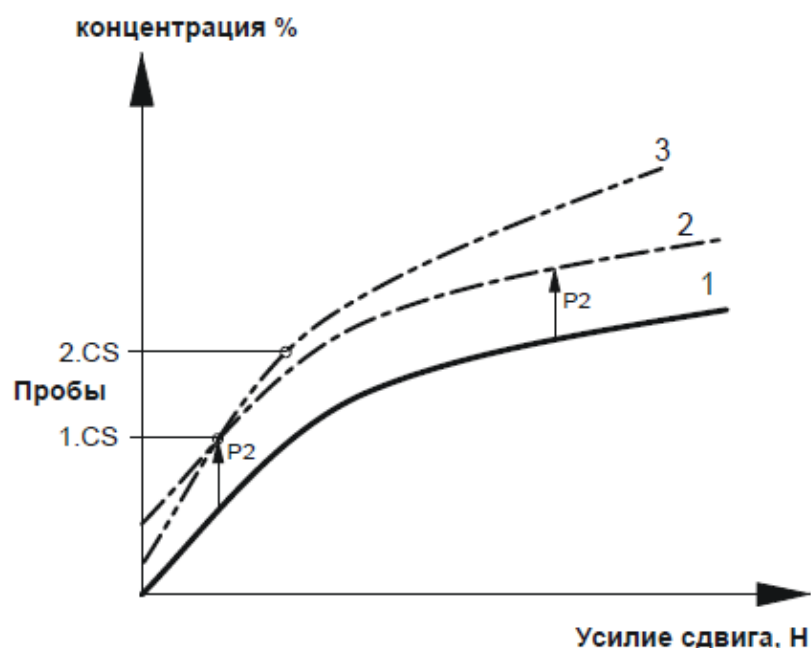


Рис. 2.9. Калибровка: 1 – базовая характеристика, соответствующая выбранному датчику и типу массы; 2 – базовая характеристика, откалиброванная по одной точке; 3 – базовая характеристика, откалиброванная по двум точкам

Это наиболее простой метод, используемый в большинстве случаев. Для повышения точности используется двухточечная и многоточечная калибровка. Она выполняется с помощью датчика, автоматически вычисляющего правильную кривую.

При работе с различными сортами целлюлозы в одном и том же процессе можно сохранить до восьми калибровочных кривых в разных рецептурах, которые могут быть выбраны с помощью двоичных входов системы управления или вручную на дисплее оператора.

Изменения в технологическом процессе или требования к измерениям легко обрабатываются, поскольку измерительный модуль Valmet SP может быть легко перепрофилирован с использованием различных чувствительных элементов и защитных реберных конструктивных элементов.

Применяется платформа пользовательского интерфейса Link, совместимая с другими продуктами компании. Целью при этом является защищенность линий передачи измерительной информации по существующим и планируемым в будущем линиям коммуникаций датчика.

Основные решения датчиков концентрации этого типа также связаны с развитием цифровой электроники. В них используются компоненты с высоким разрешением, не подверженные влиянию изменений температуры.

Диагностика датчика основана на следующих измерениях:

- измерение температуры электроники;
- измерение влажности внутри датчика;

- измерение вибрации;
- измерение температуры процесса.

Для определения силы сдвига с высокой точностью и высокой воспроизводимостью используется бесконтактный принцип.

В качестве интерфейса используется операционный терминал (Link). Он имеет интуитивно понятную структуру меню, которая проста в использовании и освоении. Расширенная клавиатура с клавишами управления, такими как клавиша для сбора образцов, помогает пользователю сделать правильный выбор. Терминал оснащен подсветкой дисплея для наилучшей видимости в темных помещениях. Шкаф управления имеет легкий доступ к коммуникациям предприятия и прочную конструкцию.

Пользовательский терминал датчика концентрации способствует быстрому вводу в эксплуатацию. Для этого пользовательский интерфейс Link, созданный для использования с измерительными приборами компании Valmet, имеет следующие подсистемы:

- большой графический дисплей,
- дисплей с подсветкой,
- полная цифровая клавиатура с клавишами управления,
- удаленный доступ,
- подключение к промышленному интернету.

В датчике концентрации Valmet SP применена концепция универсальности. Благодаря набору компонентов, соответствующих датчику, он может быть сконфигурирован для выполнения множества задач измерения концентрации в процессе производства целлюлозы. Условием является правильная настройка и размещение датчика на технологической линии для получения стабильных и точных измерений. Он может быть установлен как для мониторинга изменений концентрации, так и использоваться в автоматическом контуре регулирования концентрации.

Датчик концентрации лопаточного типа используется во всех видах технологических процессов: получения химической крафт-целлюлозы, древесной массы, термомеханической массы (ТММ), химико-термической массы (ХТММ), вторичного волокна, и т. д. Он может быть установлен на всех этапах технологического процесса: выдувная линия, сортировка, промывка, отбеливание, очистка, подготовка сырья, смешивание, перемешивание в машинном бассейне в диапазоне концентрации от 0,7 до 16 %.

Технические характеристики датчиков концентрации лопаточного типа Valmet SP

Принцип измерений основан на измерении силы сдвига. Это измерение является прямым физическим принципом измерения концентрации волокна. Принцип основан на том, что существует прямая связь между концентрацией и силой сдвига, действующей на чувствительный элемент. Схему измерений демонстрирует рис. 2.10.

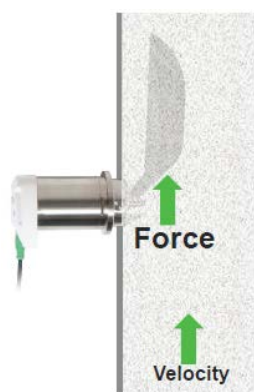


Рис. 2.10. Схема измерения концентрации лопаточным датчиком концентрации

Поток при своем движении обладает определенной скоростью и осуществляет давление на лопатку датчика с определенной силой. Эта сила считывается лопаткой и преобразуется в физическую величину концентрации.

На рис. 2.11 показана кривая, которая представляет собой типичную кривую силы сдвига. Форма кривой одинакова для всех типов целлюлозы и чувствительных элементов, при этом различаются только смещение и наклон.

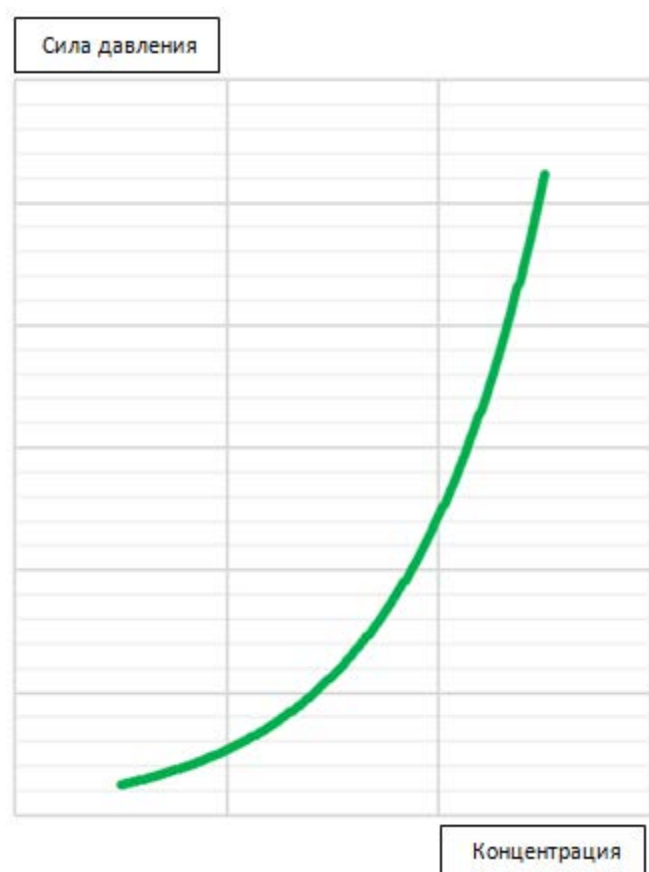


Рис. 2.11. Сила давления как функция концентрации

Для повышения чувствительности элементов в зависимости от диапазонов концентрации и скоростей потока волокнистой массы используются лопатки различной формы (рис. 2.12).



Рис. 2.12. Виды лопаток

Рабочие лопатки датчика (чувствительные элементы) имеют рабочие диапазоны, определяемые концентрацией и скоростью потока. Примерное расположение чувствительных элементов в зависимости от диапазонов скоростей и концентрация показаны в табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Примерное применение чувствительных элементов в зависимости от типа массы, скорости потока и концентрации [8]

Сорт массы	Наименование	Диапазон применения чувствительного элемента в зависимости от % концентрации							
		UL	LL	LS	OL	RL	WS	HL	JL
SWU	Лиственная целлюлоза длинноволокнистая, небеленная	0,7–3	1,5–6		1,7–7	1,5–6		4–16	1,5–6
SWB	Лиственная целлюлоза длинноволокнистая, беленая	0,7–3	1,5–6		1,7–7	1,5–6		4–16	1,5–6
HWU	Хвойная целлюлоза коротковолокнистая, небеленная	1–3	1,8–6		1,8–7,5	1,7–6,5		5–16	1,8–6
HWB	Хвойная целлюлоза коротковолокнистая, беленая	1–3	1,6–5		1,8–7,5	1,7–6,5		5–16	1,8–6
GW	Древесная масса	1–4			1,5–6,5	1,7–6,5		5–16	
RPML, TMPL	Механическая, термомеханическая целлюлоза с низкой садкостью CSF < 200мл	0,7–3			1,5–6	1,7–6,5		5–16	
RMPH, TMPH	Механическая, термомеханическая масса с высокой садкостью CSF > 200мл	0,7–3	1,5–5,5	3–6	1,5–6			4–16	
CTMP	Химико-термомеханическая масса	0,7–3	1,5–5,5	3–6		1,5–5,5		4–16	
ROCCU	Масса из старых гофроящиков, несортированная								
RCFU	Масса из вторичного волокна, несортированная						2–8		
ROCCS	Масса вторичная из старых гофроящиков, сортированная	1–3			1,7–8	1,5–7	2–8	4–16	
RCFS	Масса из вторичного волокна (макулатурная), сортированная	1–5			1,8–8	1,5–8		5–16	

При этом использование различных типов датчиков и чувствительных элементов перекрывает различные диапазоны концентраций (рис. 2.13).

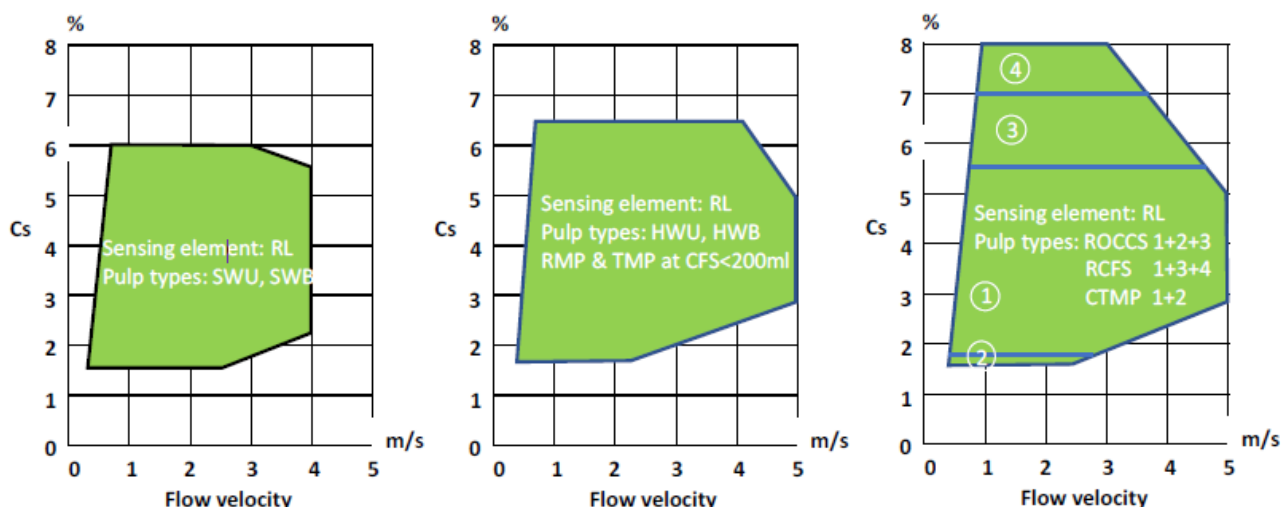


Рис. 2.13. Диапазоны использования чувствительных элементов в зависимости от скоростей потока [8]

В связи с особенностями принципа действия лопаточного датчика создание некоторого сопротивления потоку пульпы необходимо для измерения силы сдвига лопатки. При этом к потоку предъявляется требование ламинарности и пробкообразного (plug flow) движения потока (рис. 2.14).

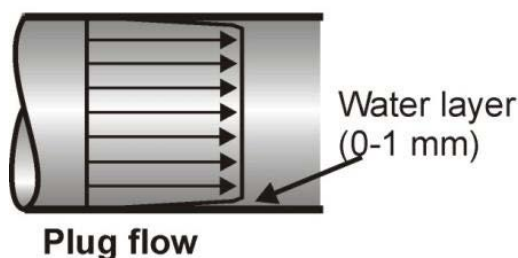


Рис. 2.14. Требования к ламинарности потока

Соответствующие условия для реализации этого требования создаются после определенного прямого участка трубы, необходимого для успокоения потока. Они зависят от следующих параметров:

- диаметр трубы,
- диапазон концентрации,
- скорость потока,
- вертикальное или горизонтальное положение трубы,

- наличие нескольких изгибов,
- положение датчика на горизонтальной трубе, сверху или сбоку.

При турбулентном потоке измерение силы сдвига лопатки невозможно, в связи с чем иногда используют специальные вставки для уменьшения длины трубного участка для успокоения потока. На рис. 2.15 показана схема установки датчика концентрации лопаточного типа.

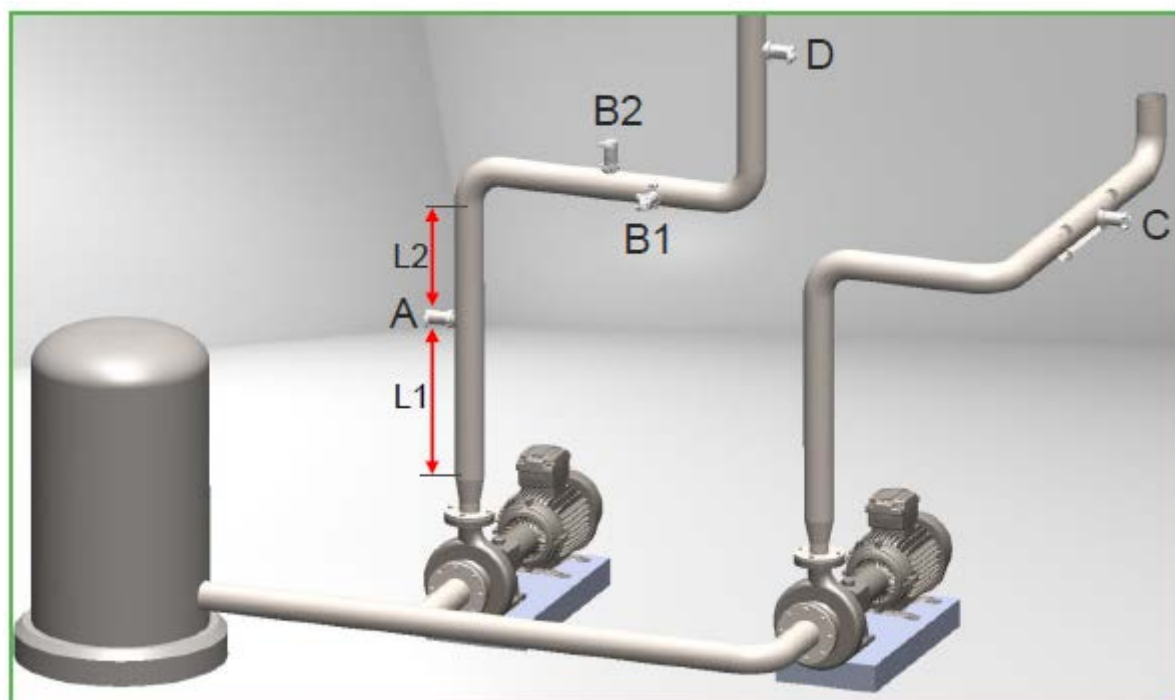


Рис. 2.15. Схема установки датчика концентрации [8]

Датчик устанавливают в вертикальном положении после насоса на участке А, при этом предпочтительным считается положение рядом с насосом на выверенном расстоянии, достаточном для успокоения потока от конца конического патрубка насоса (на рис. 2.15 – L1). Датчик устанавливают перпендикулярно по отношению к оси вращения колеса насоса со стороны нагнетания. При боковой установке (на рис. 2.15 – B1) предусматривают в 1,5 раза большее расстояние, чем при установке в горизонтальном верхнем положении. Установку сверху в горизонтальном положении (на рис. 2.15 – B2) используют в том случае, если расстояние слишком короткое для более предпочтительной установки сбоку по типу B1, однако, при этом нужно убедиться, что нет риска образования воздушных карманов.

Установка по горизонтали после двойных изгибов, (на рис. 2.15 – C) может использоваться, если нет другого варианта, поскольку двойные изгибы могут вызвать закручивание потока. Эта проблема может быть также решена при помощи вставок-успокоителей потока. Также может использоваться монтаж

датчиков по вертикали после изгиба трубы D с установкой после изгиба трубы на внешней кривой.

Для решения проблемы турбулентности используются успокоители потока, требуемые для подавления турбулентности (рис. 2.16).

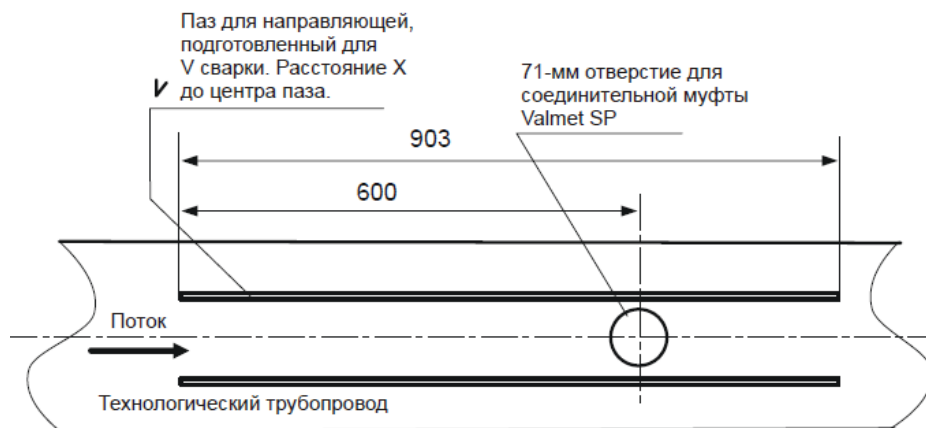


Рис. 2.16. Успокоители турбулентности Valmet TR

На рис. 2.17 показаны некоторые основные конструкции таких элементов.

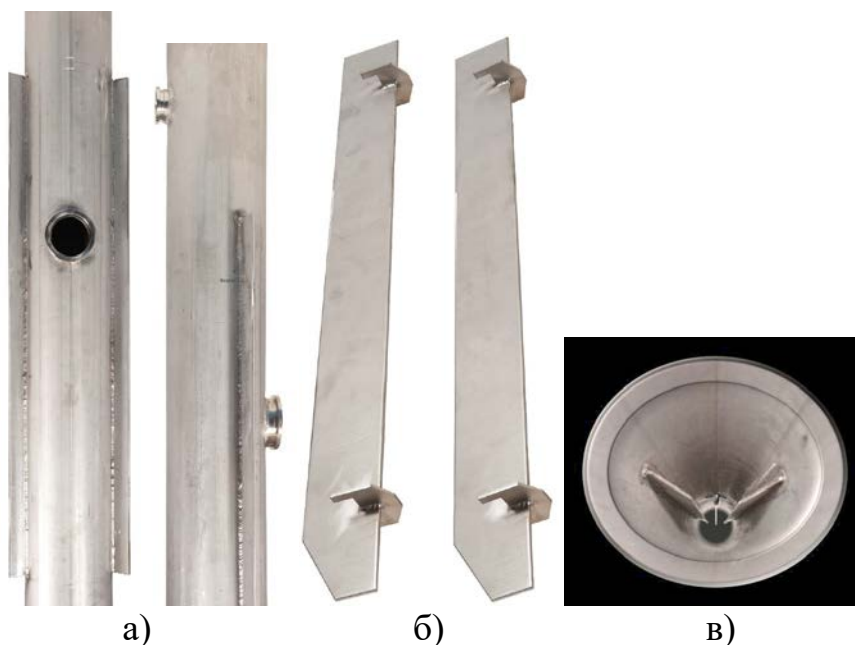


Рис. 2.17. Успокоители потока:
а), б) пластиночные; в) технологическая муфта

В качестве успокоителей потока выступают трубные участки с трубой $\varnothing 100 - 700$ мм или технологическая муфта (рис. 2.17в) с пробоотборником (Valmet Nove).

Другим вариантом являются пластины, устанавливаемые также на трубном участке с трубой $\varnothing 100 - 700$ мм с установкой в имеющийся технологический трубопровод.

По общему правилу из опыта расстояние до датчика может быть уменьшено до 50 % с помощью подобных успокоителей потока. Однако, желательно находить как можно большее расстояние до датчика, насколько это возможно.

Условием корректности измерений концентрации является то, что лопатка должна быть параллельна технологической трубе, при этом допускается максимальное отклонение $\pm 1^\circ$. Определение проводят следующим образом: помещают линейку в прорезь для выравнивания (см. рис. 2.18) и сравнивают линейку и стенку трубы. В случае отклонений регулируют датчик так, чтобы линейка и стенка трубы были параллельны. Пример правильной установки датчика показан на рис. 2.18б.

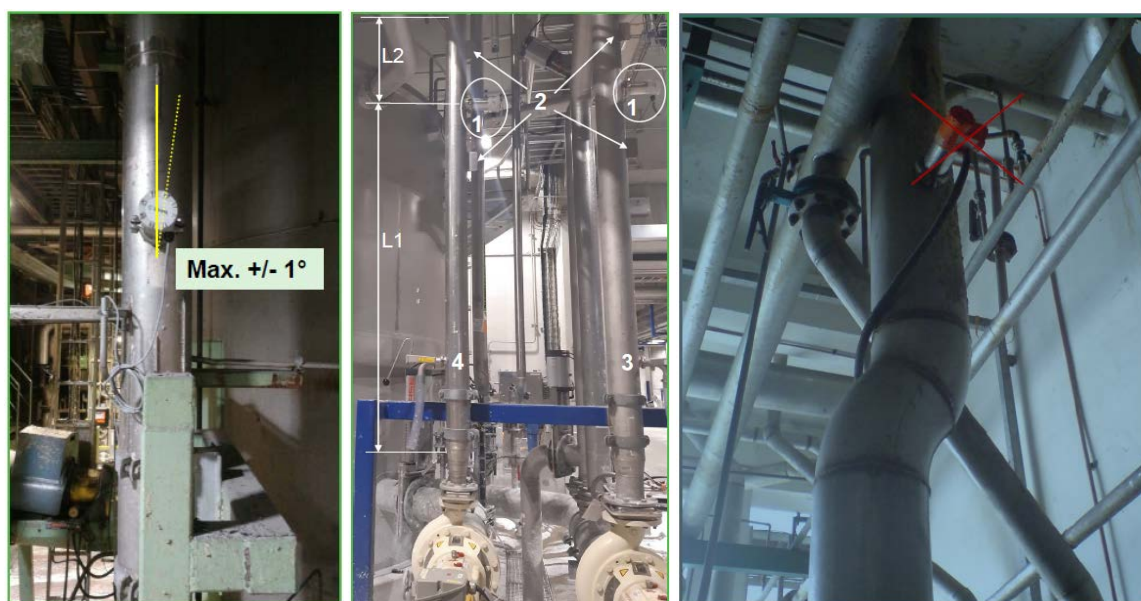


Рис. 2.18. Особенности монтажа и установки датчиков концентрации:
а) требования к соосности; б) правильная установка;
в) неправильная установка [8]

Правильная установка обеспечивается выполнением следующих требований:

1. Оба датчика расположены под углом 90° по отношению к оси вращения колеса насоса, при этом оба датчика установлены на правильной стороне (нагнетания) технологической трубы.

Контур работает следующим образом. Данные от датчика концентрации Valmet SP непрерывно поступают в блок управления и сравниваются с данными, заложенными в контроллере или системе управления. В случае отклонений от заданных значений система или контроллер дает сигнал исполнительному устройству (клапан разбавительной воды) на подачу воды на разбавление массы и доведение ее до требуемой концентрации. Пробоотборник Nove проводит пробоотбор для проведения лабораторных испытаний, дальнейшего сравнения и калибровки датчика.

Технические характеристики датчика Valmet SP приведены ниже.

Датчик концентрации

Измерение

Диапазон концентрации. 0,7 – 16 % Cs

Диапазон

- минимум..... 0,8 % Cs

- максимум 30 Н – смещение нуля

Смещение нуля..... макс. 30 Н – диапазон

Демпфирование..... настраиваемое, 1 – 60 сек.

Заводская установка 2 с (тип HL: 20 с).

Технические данные

Проверка в стандартных условиях по IEC60770.

Линейность изм. усилия.. $\pm 0,5$ % диапазона

Гистерезис 0,025 Н

Повторяемость..... 0,01 Н

Влияние статического давления..... 0,02 Н/бар

Влияние температуры среды процесса 1 % значения/10 °С

Влияние вибрации 2 G /10 – 2000 Гц..... менее $\pm 0,03$ Н

Примеры:

- 0,01 Н соответствует 0,005 %-ному колебанию

концентрации в бленной хвойной целлюлозе

(например, сульфатной еловой) при 3,0 %-ной

концентрации при использовании датчика типа LL.

- 0,01 Н соответствует 0,01 %-ному колебанию

концентрации в сортированной макулатурной массе

при 3,0 %-ной концентрации при использовании

датчика типа RL.

Допустимая скорость потока (м/с)

Мин. /макс.:

- Valmet SP UL 0.1 / 1 – 3

- Valmet SP HL 0,4 / 8

- Valmet SP WS 0,4 / 4

Другие типы 0,4 / 5

Материалы

Прокладки мокрой части....фторопласт и спец. резина

Корпус электроники.....РТВ

Монтажные хомуты и винты..... AISI 316

Блок управления Поликарбонат

Технологические условия

Температура процесса ..0...+120 °С

Давление рабочей среды. макс 25 бар

- Если давление рабочей среды > 10 бар, то монтажному отверстию для соединительной муфты может потребоваться усиление

Окружающая среда

Температура окружающей среды -20...+60 °С

Температура хранения... -50...+80 °С

Относительная влажность ..0 – 100 % (без конденсации)

Класс защиты

Датчик концентрации..... IP66 (NEMA 4X)

Блок управления IP65

Стандарт EMC на проведение испытаний

Помеха от излученияEN 50081-1:1993

Образцовое средство измеренийEN 55022:1987 / Class B

ПомехоустойчивостьEN 59982-2:1995

Ссылочные стандарты ...EN 61000-4-2, -4, -5, -8, -11, ENV 50140, ENV 50204, ENV 50141

Габариты и вес

Размеры в соответствии с каталогами

Valmet SP WS..... 7,1 кг

Другие типы датчиков..... 5,8 кг

Valmet SP MA

Выходной сигнал..... 2-х проводный (2 Вт):

4 – 20 мА + HART®

Напряжение питания..... 18 – 35 VDC

Мощность нагрузки18 В / 250 Ом

Valmet SP PA

Выходной сигнал.....PROFIBUS-PA Slave,

IEC 61158-2

Напряжение питания..... 9 – 32 VDC, 22 мА ± 2 мА

2.3. Ротационные датчики концентрации

Датчик концентрации Valmet Rotating Consistency Transmitter

Датчик концентрации Valmet Rotating Consistency Transmitter – это датчик (преобразователь) концентрации с вращательным чувствительным элементом, основанный на принципе баланса сил. Он измеряет момент силы сдвига, вызванный движением волокон массы. Преобразователь состоит из пары лопастей, приводимых в движение электрическим двигателем. Эта пара лопастей состоит из двух концентрически выровненных, гибко соединенных лопастей, где внутренняя измерительная лопасть может сдвигаться по фазе по отношению к внешней ведущей лопасти. Общий вид датчика показан на рис. 2.20.



Рис. 2.20. Преобразователь Valmet Rotating Consistency Transmitter и блок управления TCU [9]

Вращение смешивающего винта, установленного на ведущей лопасти, непрерывно поставляет пробу с основного процесса на чувствительный элемент, установленный на измерительной лопасти. Вращение чувствительного элемента в массе ограничено данным моментом, который стремится замедлить движение измерительной лопасти по отношению к ведущей.

Сдвиг фазы измеряется оптически с зубчатых колес, соединенных с лопастями. Затем измеренный сигнал преобразуется электроникой преобразователя в цифровой сигнал обратной связи для подстройки уравнивающей магнитной силы. Электромагнитное поле создается двумя катушками, которые индуцируют полярное магнитное поле в моментных колесах, соединенных с лопастями.

Величина электромагнитной силы настраивается контроллером для выдачи фиксированного значения нулевой точки для измерения сдвига фаз. Величина тока, подающегося на катушки, преобразуется в момент и далее – в концентрацию.

Сигнал переводится в выходной сигнал 4 – 20 мА с наложенным цифровым сигналом HART.

Размеры датчика концентрации Valmet Rotating Consistency Transmitter указаны на рис. 2.21.

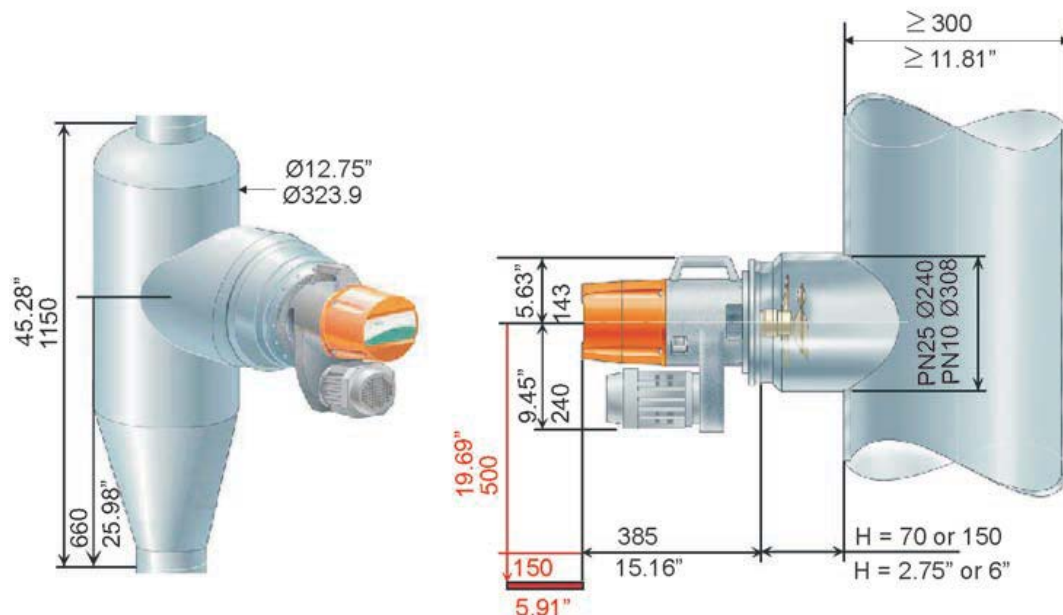


Рис. 2.21. Габаритные размеры датчика концентрации Valmet Rotating Consistency Transmitter [9]

Длина датчика, включая чувствительный элемент и винт, составляет приблизительно 510 мм. Монтажная длина датчика составляет 385 мм, и должно быть еще по крайней мере примерно 150 мм свободного пространства для снятия датчика с трубопровода. Около него должно оставаться достаточно свободного места для его снятия. Вес датчика примерно 36 кг.

Блок управления TCU – это интерфейс пользователя, источник напряжения, и расчетный прибор Valmet Rotating Consistency Transmitter. Работа с блоком осуществляется с помощью клавиш и четырехстрочного дисплея. Блок управления поставляется присоединенным к щиту.

Блок управления имеет следующие соединения.

- Для блока чувствительного элемента, напряжение питания электроники чувствительного элемента и соединительные разъемы серийного порта RS485.
- Для выхода по току 4 – 20 мА для системы управления производством.
- Для цифровой передачи данных через протокол передачи HART.
- Для соединения RS232 с компьютером (для обслуживания).
- Для основного напряжения питания.

Все материалы, используемые в соприкасающейся с внешней средой поверхностях датчика концентрации Valmet Rotating Consistency Transmitter, выбраны и изготовлены для использования в условиях целлюлозно-бумажных производств. Кабель системы оплетен в ПВХ. Корпус датчика изготовлен из литого алюминия, окрашенного эпоксидно-полиуретановой краской. Материалы, используемые для деталей, соприкасающихся с рабочей средой, например сам датчик, его монтажная камера (если имеется) и штуцер к процессу, должны выбираться в соответствии с условиями процесса. Возможные материалы: нержавеющая сталь AISI 316L, 254 SM0 или Hastelloy C-276.

Valmet Rotating Consistency Transmitter – это точный прибор. Для обеспечения надежной работы он требует правильной установки. Датчик устанавливается так, чтобы он был защищен от прямого механического повреждения. Если место установки таково, что возможны частые попадания брызг воды или массы, то его защищают кожухом.

Блок управления TCU должен быть прикреплен к щиту для защиты его от брызг воды или массы. Если блок управления устанавливается вне помещения, щит также защитит его от прямого попадания солнечного света и дождя. Датчик должен быть защищен от источников сильной вибрации, таких как несбалансированные насосы и насосы с кавитацией.

Датчик располагают в таком месте, чтобы он находился на достаточном расстоянии от насосов, колен трубопровода, клапанов и других мест изменения профиля потока. Датчик устанавливают в монтажной камере (см. рис. 2.21).

В качестве промывной воды для механических уплотнений используют качественную уплотняющую воду. Давление промывной / уплотняющей воды все время поддерживается на требуемом уровне.

Клапан отбора проб Nove устанавливается вблизи датчика. Это обеспечивает репрезентативность образцов, измеренных датчиком концентрации.

Правильный выбор места установки датчика существенен для его оптимальной работы и простоты обслуживания. Датчик можно устанавливать на вертикальный, горизонтальный или наклонный трубопровод. При установке на горизонтальный или наклонный трубопровод проверяют, чтобы в этом месте не образовывались большие пузыри, характерные для расширительных участков трубопровода. Монтажная камера, используемая при установке на процессах с низким давлением, может быть как правосторонняя, так и левосторонняя. Рис. 2.22 показывает типичные примеры установки.

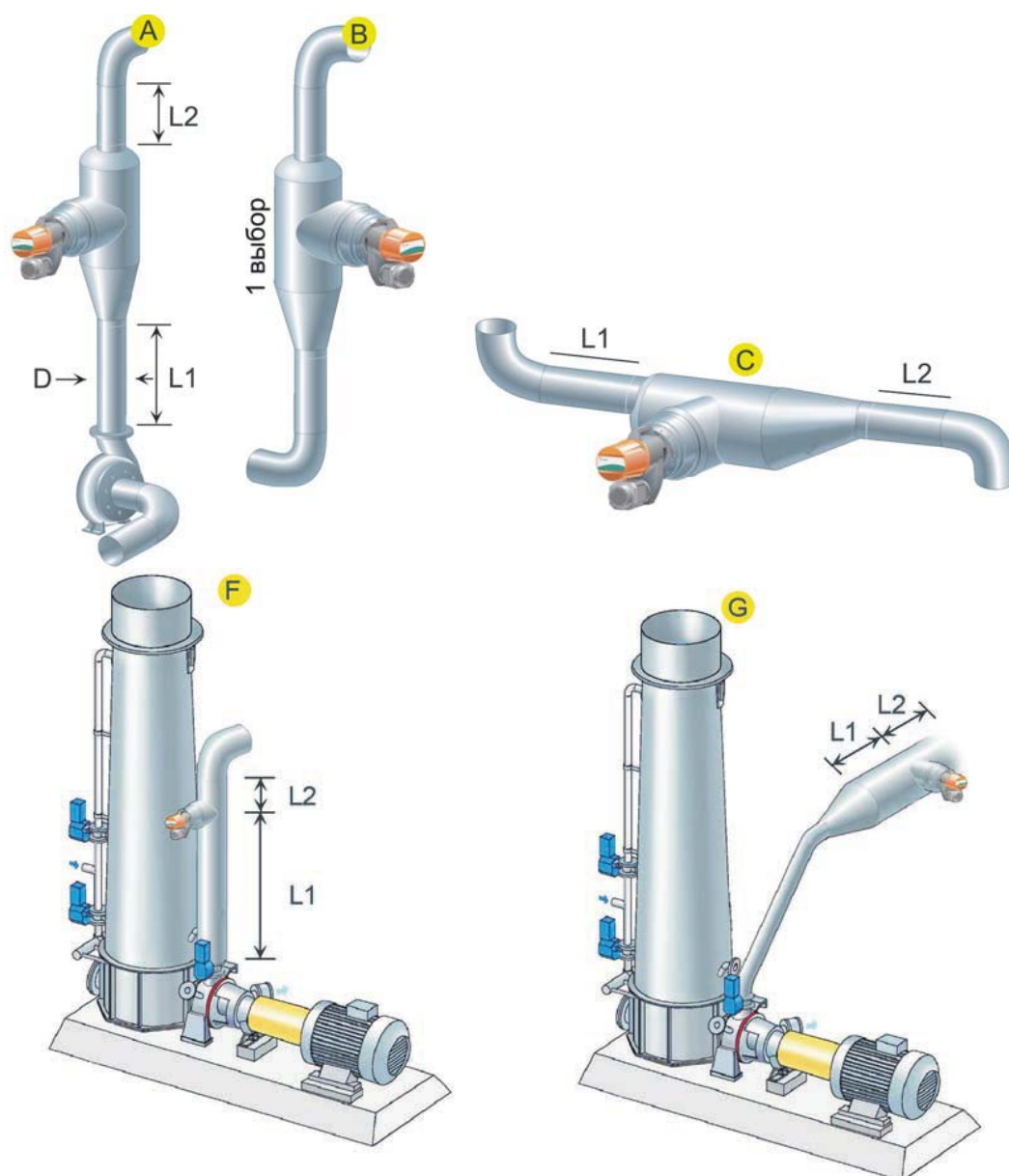


Рис. 2.22. Пример установки датчика концентрации [9]:

а) в технологический трубопровод до диам. 300 мм.

б) в технологический трубопровод при измерении средних концентраций

При выборе места для датчика концентрации обращают внимание на следующее.

1. Для обеспечения минимального запаздывания по времени необходимо устанавливать датчик как можно ближе к месту ввода воды на разбавление.
2. Рекомендуемые минимальные расстояния: см. рис. 2.22.
3. Следует избегать близости колен и изгибов трубопровода, так как они могут вызывать турбулентность и обезвоживание. Если датчик установлен вниз по потоку от насоса или колен трубопровода, оптимальное место находится на теоретическом внешнем повороте потока массы.

4. Датчик концентрации защищают от сильных вибраций, таких как кавитация или неуравновешенные насосы, например, устанавливая резиновые компенсаторы.

5. Для очистки, смазки и охлаждения уплотнение вала датчика должно промываться водой. Рекомендуется непрерывная промывка, с использованием качественной воды с ограничением по примесям не более 200 мкм и расходом воды по расходомеру от 0,5 л/мин до 1 л/мин и давлением до 10 бар.

Блок управления поставляется прикрепленным к щиту. Щит прикрепляется на стену в легкодоступном месте. При выборе места для блока управления учитывают, что длина кабеля сенсора составляет 10 м. Рис. 2.23 показывает монтажные размеры щита.

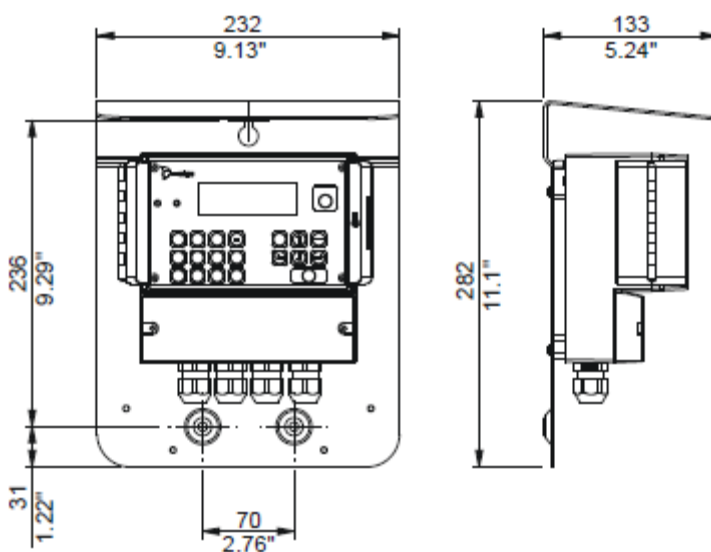


Рис. 2.23. Монтажные размеры щита блока управления

Электросоединения блока управления показаны на рис. 2.24.

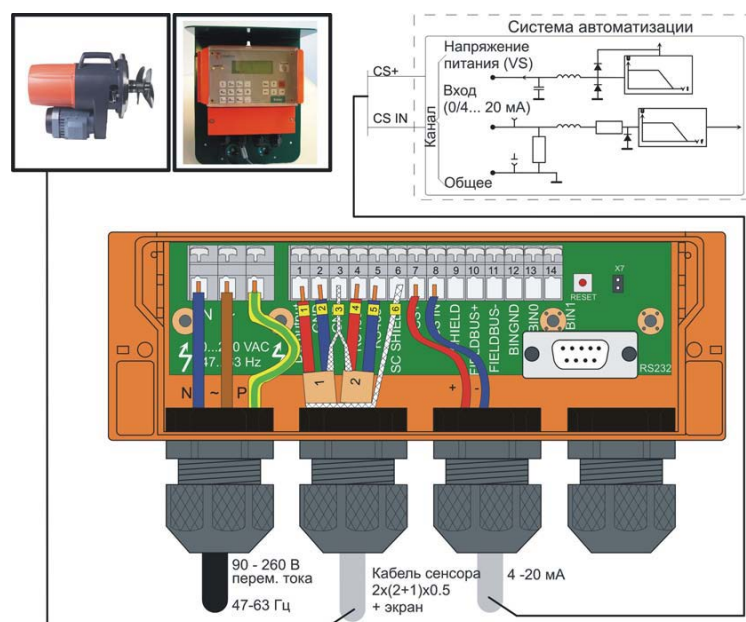


Рис. 2.24. Электросоединения блока управления TCU

Valmet Rotating Consistency Transmitter можно управлять через локальный интерфейс пользователя TCU или дистанционно, посредством цифровой передачи данных через контур выхода 4-20 мА (протокол передачи данных HART). Калибровка и полная диагностика доступна при использовании программы Metso Field Care.

Для работы с Valmet Rotating Consistency Transmitter на местах предназначен центральный блок управления TCU (см. рис. 2.25).



Рис. 2.25. Центральный блок управления TCU

TCU имеет 4-строчный дисплей на 20 позиций в строке и 20-ти клавишную клавиатуру для ввода данных. На клавиатуре имеются цифровые клавиши для введения численных данных и для выбора опций меню и в ряде случаев буквы. Предусмотрены функции показа состояния отбора проб, редактирования и сохранения и отмены действия, прокрутки действий и др.

Все функции TCU доступны из рабочего меню. На рис. 2.26 показана схема функций TCU и их расположение на дисплее.

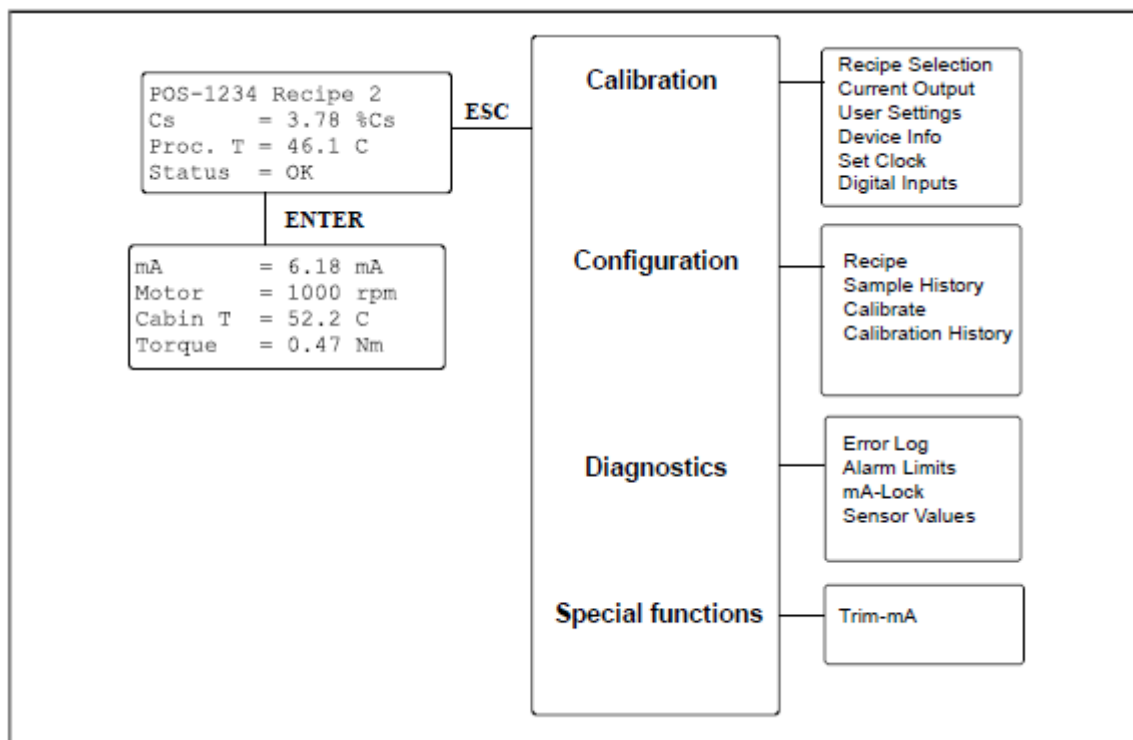


Рис. 2.26. Система меню блока управления TCU

При конфигурировании можно определить и запрограммировать базовые параметры для заданного технологического применения. Обычно конфигурация (Configuration) выполняется только один раз – перед монтажом датчика концентрации. При определении верхних и нижних пределов измерения следует учесть измеряемые минимальные и рекомендуемые максимальные концентрации, указываемые для каждого типа сенсора / сорта массы. Если фактическая концентрация превышает рекомендуемый максимальный предел, то скорость потока будет влиять на результаты измерения. Кроме этого, надо учесть, что минимальный диапазон измерения преобразователя 0,8 % Cs, а максимальный диапазон измерения соответствует 1,5 Нм усилия сдвиг и меняется в зависимости от типа сенсора / сорта массы.

На рис. 2.27 показан принцип калибровки. Как видно на графике, соотношение между концентрацией и моментом, определяемым сенсором, нелинейно, и оно отличается для различных видов массы, видов сенсора и т. д.

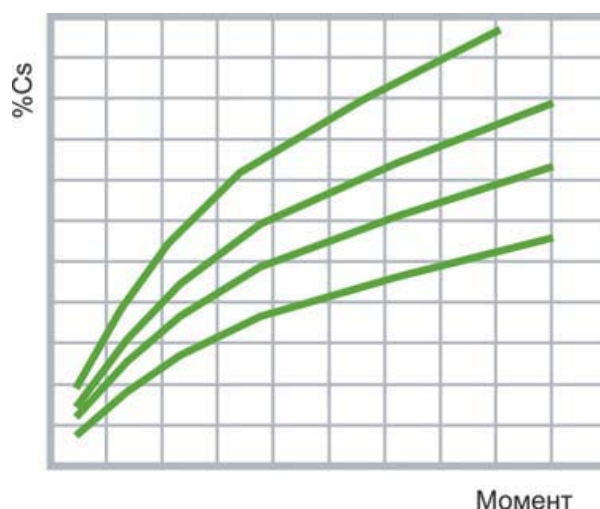


Рис. 2.27. Принцип калибровки

Калибровочные кривые определяются экспериментальным путем в лаборатории и представляют концентрацию (% Cs) как функцию момента (Нм), действующего на сенсор. Valmet Rotating Consistency Transmitter выдает точные значения концентрации за счет компенсации момента с учетом информации из калибровочной кривой. Обычно прибор уже имеет встроенные калибровки, проведенные на заводе-изготовителе, и таким образом, может сразу измерять концентрацию, как только будет подключен к питанию. Окончательная калибровка проводится при установке путем отбора пробы концентрации и введении ее лабораторных данных в датчик концентрации.

Датчик надо калибровать для каждого сорта используемой массы. В памяти датчика можно записать калибровки для 4-х сортов массы или ее композиций. При настройке, выполняемой после монтажа датчика, производится тонкая настройка выбранной калибровочной кривой для данной массы на основе проб концентрации. Тонкая настройка осуществляется либо по одной точке, для корректировки нуля (P2), либо по двум точкам, тогда выполняется также и корректировка крутизны кривой коэффициентом P1 (см. рис. 2.28).

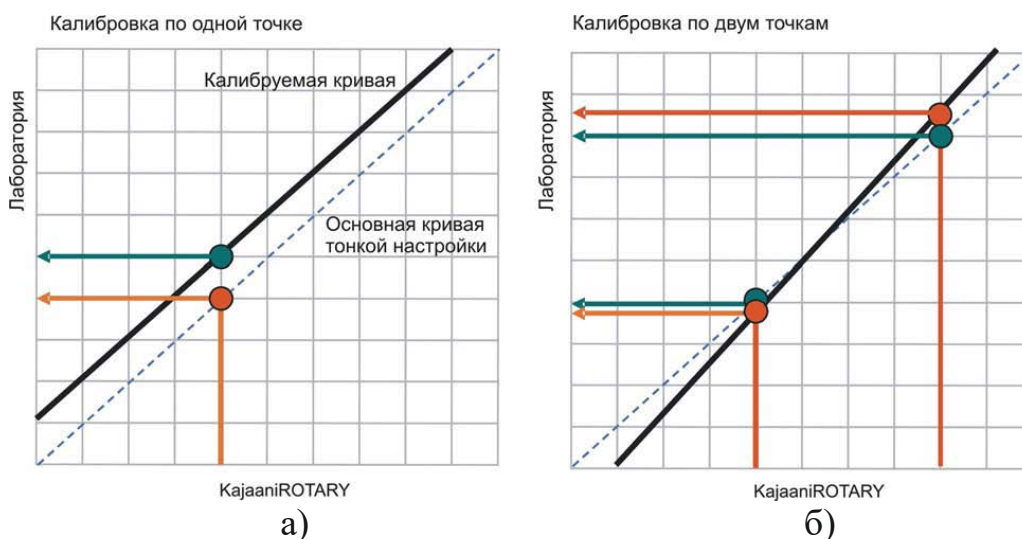


Рис. 2.28. Калибровка по одной (а) и по двум (б) точкам

У первоначальной кривой $P1 = 1$ и $P2 = 0$. При калибровке по пробам Valmet Rotating Consistency Transmitter сам рассчитывает корректировки $P1$ и $P2$ на основании лабораторных результатов и проб. Результаты калибровки – а это параметры $P1$ и $P2$ – сохраняются как рецепты. Рецепт – это совокупность информации, которая нужна прибору для пересчета значения измененного момента в концентрацию. Когда преобразователь знает рецепт массы, он может точно пересчитать момент в % Cs. В памяти преобразователя можно записать 1 – 4 рецептов для разных сортов массы.

Включение желаемой калибровки возможно или прямо с датчика или дистанционно, через бинарный вход или HART. Калибровки и другие операции выполняются с помощью меню. Калибровочные данные сохраняются в памяти и при выключенном питании. Используются два вида калибровок: по одной и по двум точкам.

При калибровке по одной точке выбранная кривая, по которой момент преобразуется в сигнал концентрации, сдвигается в требуемом направлении по оси концентрации. Цель этого – достигнуть смещения нуля в точке калибровки, чтобы устранить расхождение между реальной концентрацией пробы и измерением. Наклон кривой ($P1$ коэфф. наклона) остается без изменений. $P2$ меняется в зависимости от величины смещения нуля.

При одноточечной калибровке можно также отобрать две пробы и взять для калибровки ту пробу, которая отобрана во время стабильной работы процесса. Рекомендуется отбирать пробы с концентрацией по заданию.

В большинстве случаев для регулирования концентрации достаточно сделать одноточечную калибровку. Определение параметров $P1$ и $P2$ проводят по формуле:

$$P1 = (2 \text{ Cs LAB} - 1 \text{ Cs LAB}) / (2 \text{ Cs SAMPLE} - 1 \text{ Cs SAMPLE}) \quad P2 = \\ = 1 \text{ Cs LAB} - (P1 \times 1 \text{ Cs SAMPLE}),$$

где: $P2 = \text{LAB}$ – среднее значение пробы; $P1$ – без изменений.

При двухточечной калибровке кривая, в соответствии с которой момент преобразуется в сигнал концентрации, смещается в требуемом направлении согласно с концентрацией. Цель калибровки состоит в достижении смещения нуля в точке калибровки, а также изменения наклона кривой, если это нужно. Кривая подгоняется так, чтобы она прошла через две точки концентрации. Valmet Rotating Consistency Transmitter рассчитывает новые значения $P1$ и $P2$. Необходимо учитывать, что при двухточечной калибровке разница между точками концентрации должна быть не меньше 25 %, считая по нижней точке. Это предотвращает значительное влияние ошибок, допущенных при отборе проб и определении концентрации, на крутизну кривой. Если разница при калибровке ниже 25 %, то прибор предупредит оператора, если будет предприниматься попытка провести калибровку по точкам с разницей менее 25 % Cs.

Двухточечная калибровка рекомендуется, когда требуется точное измерение в широком диапазоне измерения и / или когда калибруется смесь сортов или сорт массы, для которого в меню нет готовой калибровочной кривой, а также когда в массе высокое неизвестное содержание золы. Разные сорта макулатурной массы могут значительно отклоняться от крутизны базовой калибровочной кривой.

Valmet Rotating Consistency Transmitter помогает при отборе пробы, рассчитывая среднее значение концентрации и стандартное отклонение за период отбора пробы. Valmet Rotating Consistency Transmitter может рассчитать и запомнить до 16 проб для каждого рецепта.

Помимо усредненной концентрации прибор также покажет минимальное и максимальное значения, а также температуру процесса во время отбора пробы.

Минимальное и максимальное значения показывают флуктуацию концентрации за период отбора пробы. Для обеспечения надежности измерений эта флуктуация должна быть мала. Если разница между минимальным и максимальным значением концентрации слишком велика, то это означает, что параметры массы сильно изменились, и эту пробу нельзя использовать для калибровки.

Проба сохраняется в истории отбора проб того рецепта, который был активирован за период отбора пробы. Для каждого рецепта можно сохранить до 16 проб. Полученная проба затем анализируется в лаборатории для определения полной концентрации и процента наполнителя в пробе. Эти данные вводятся в блок управления в дисплей истории проб (Sample history).

Для калибровки прибора в его памяти должны находиться рецептуры. Рецепт (Recipe) – это совокупность информации, необходимой прибору для пересчета измеренного значения момента в концентрацию. Функция рецепта может быть использована для просмотра и подстройки параметров рецепта.

Сначала выбирается рецепт, который нужно изменить. Память прибора содержит четыре рецепта, различающиеся по номерам и типам массы, для которых они используются.

Для наиболее стандартных типов масс имеются несколько типов заранее определенных калибровочных кривых. Для специальных сортов калибровка идет по точкам проб, отобранных и измеренных лабораторным способом. История отбора проб и значение концентрации сохраняются в памяти. Пример калибровочной кривой по специальному сорту массы показан на рис. 2.29.

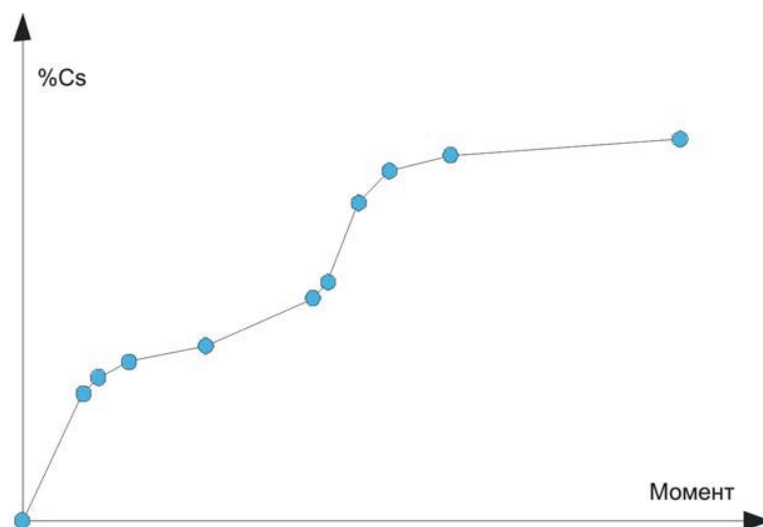


Рис. 2.29. Калибровочная кривая по специальному сорту

Для надежной работы датчика концентрации он должен регулярно обслуживаться с проверкой проб в лаборатории, промывной воды, состояния механических деталей, особенно ведущего ремня и уплотнений. Должны приниматься меры по устранению вибрации, брызг, снижению влияния коррозионных сред, воздействующих на блок управления с высоким или низким pH.

Прибор вставляется в трубопровод таким образом, чтобы масса в трубопроводе не содержала остатки веревок или другой материал, который может обвиться вокруг сенсора. Если какой-то материал запутался в корпусе сенсора, результаты измерений начнут дрейфовать в сторону повышения значений. Скорость дрейфа данных прямо пропорционально зависит от того, как быстро этот материал накапливается около сенсора, и иногда это может происходить очень быстро.

Датчик концентрации постоянно отслеживает собственную работу. Любые обнаруженные сбои показываются в сообщениях об ошибках и могут быть считаны с блока управления преобразователя или с серийного входа-выхода HART.

Функция самодиагностики Valmet Rotating Consistency Transmitter отслеживает внутренние измерения и выдает сообщение об ошибке, если измерения превышают определенные пределы тревоги. Ошибочные результаты измерений могут возникать из-за загрязнений или колебаний процесса, которые искажают измерения. Самодиагностика может не обнаружить такие сбои. Самодиагностика также обнаруживает некоторые сбои, вызванные электроникой сенсора.

При самодиагностике отслеживаются сигналы канала измерения процесса. Процедуры самодиагностики способны обнаружить ясные состояния сбоя, и в этих случаях выдается сигнал тревоги, замораживая текущий сигнал или устанавливая его на значение 3,75 мА или 22,5 мА, в соответствии с установками.

Однако при самодиагностике не всегда обнаруживаются такие проблемы как дрейф измерений, который не является следствием сбоя прибора.

При самодиагностике измеряются следующие значения:

- импульс, выдаваемый оптосенсором,
- частота вращения блока сенсора,
- ток катушки,
- АЦ конвертер блока сенсора,
- работа памяти (EEPROM) блока сенсора или блока управления,
- передача данных между блоком управления и блоком сенсора,
- чаты блока управления,
- передача данных HART,
- выход по току (mA),
- значения концентрации, момента, температуры процесса и температуры электроники.

Сбой может произойти в выходе по току, посланному блоком управления. В этом случае измерения правильны, но выход по току, посланный на систему автоматизации будет неправилен.

Датчик концентрации Valmet Rotating Consistency Transmitter используется для измерения концентрации массы в целлюлозно-бумажной промышленности. Датчик устанавливается прямо на трубопровод перекачки массы.

Обычно прибор поставляется в комплекте с блоком управления, сенсором для данного процесса, штуцером для подключения к процессу, прокладкой штуцера и защитной пластиной.

Для различных сред используются разные типы чувствительных элементов. Выбор элемента основан в основном на диапазоне концентрации и типе массы. В настоящее время для выбора типа чувствительного элемента в компании Valmet используется программа Consistency Advisor. Программа также рассчитывает и выдает минимальные длины прямых участков трубопровода с обеих сторон от точки установки. Интерфейс программы показан на рис. 2.30.

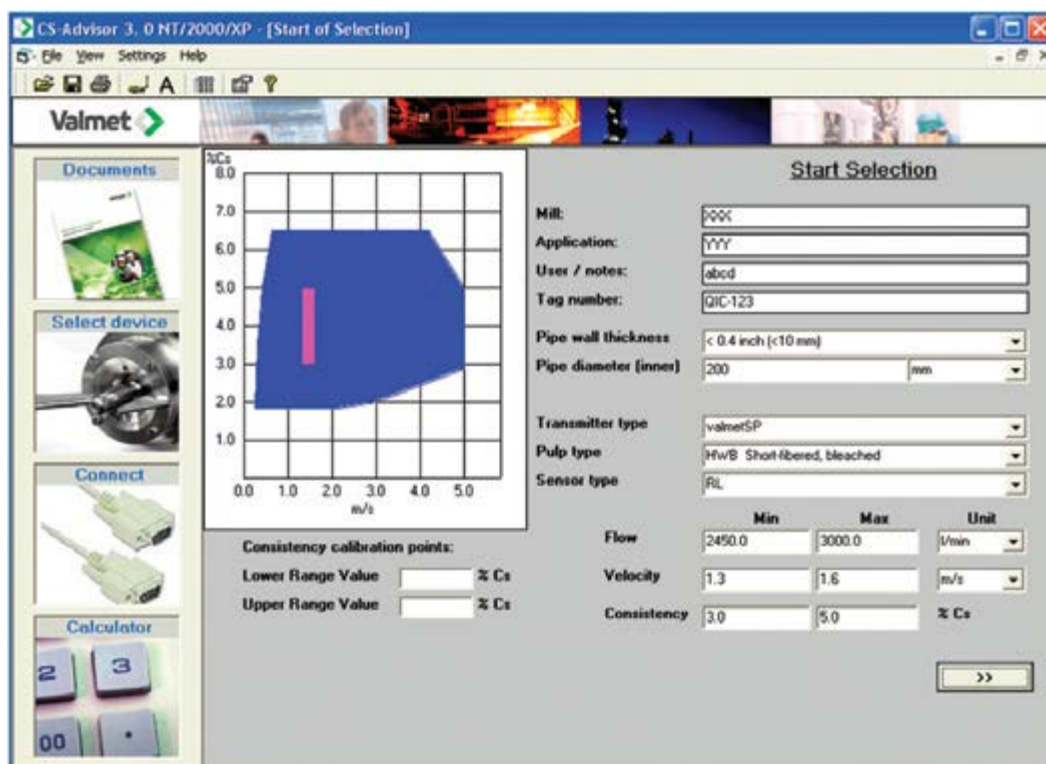


Рис. 2.30. Интерфейс программы CS adviser [11]

Изменения скорости потока в рекомендуемых диапазонах измерения имеют незначительное влияние на точность результата измерения, если датчик установлен правильно.

Технические характеристики ротационного датчика концентрации Valmet Rotating Consistency Transmitter приведены ниже.

- Ротационный датчик определения консистенции пульпы по касательной силе в целлюлозно-бумажной промышленности.

- Выбор чувствительного элемента, исходя из типа пульпы и измеренного диапазона концентрации.

- Выбор рабочей муфты / монтажной камеры (опция) по диаметру технологической трубы и номинальному давлению – см. табл. 2.2.

Таблица 2.2 – Датчики и диапазоны концентрации по типу пульпы

Тип пульпы	Тип датчика			
	TH	PM	PH	PV
Целлюлоза SW	1,5–7	6–9	8–12	11–15
Целлюлоза HW	1,6–8	6,5–10	9–13	12–16
GW	1,7–8	7–10	9–13	12–16
TMP	1,7–8	7–10	9–13	12–16
RCF	1,8–9	7,5–11	10–14	13–17

Измерения

Диапазон измерений 1,5 – 18 % Cs

Мин. диапазон..... 1,0 % Cs

Воспроизводимость $\pm 0,01$ % Cs

Чувствительность 0,004 % Cs

Подавление колебаний, регулируемое, 1 – 60 с

Материалы

Корпус Алюминий / Поликарбонат

Смачиваемые детали..... AISI 316L (стандарт) /254 SMO

Материал кольцевого уплотнения..... EPDM / FFKM (SMO)

Условия технологического процесса

Температура от.....0 до +120 °C

Скорость потока..... 0,3 – 5 м/сек

pH 1,5 – 13

Номинальное давление PN10/150 фунтов, PN25/363 фунтов

Вибрация..... max. 2G (20 м/с²), 10 – 2000 Гц

Уплотняющая вода

Низкой температуры макс. 60 °C

Давление..... 0,5 – 9 бар (7,3 – 130,5 psi)

Расход 0,6 – 1 л / мин

Качество без загрязнений

- с механической очисткой

- размер частиц < 200 мкм

Электропривод

– модель MD (постоянного тока)

Электропитаниеот контроллера электродвигателя (в TCU)

Номинальная мощность 0,35 кВт

Класс корпусаIP65 (NEMA 4)

Электропривод – модели BD (см. таблицу 2)

Электропитание200 – 690 В перем. тока (3-фазный), 45 – 65 Гц

Номинальная мощность0,25 кВт

Класс корпусаIP55 (опция: IP56)

Таблица 2.3 – Напряжения мотора и разъемы

Частота		50 Гц		60 Гц	
Соединение		Delta	Star	Delta	Star
Тип мотора	BD1	220–240	380–420	–	440–480
	BD2	380–420	660–690	440–480	–
	BD3*	–	500–550	–	550–575
	BD4**	–	–	200–220	–
MD		220–240 В перем. тока			

Окружающие условия

Температура окружающей среды

- Модель BDот -20 до +70 °C

- Модель MD.....от -20 до +50 °C

Температура хранения ...от -50 до +80 °C

Стандарты на проведение испытаний ЕМС

Излучаемые помехи..... IEC 61000-6-2

Защита от помех IEC 61000-6-4

Вес

Датчик MD, (электропривод)21 кг (46,3 фунтов)

Датчик BD, (ременной привод)23 кг (50,7 фунтов)

Функциональный блок TCU

Соединения

Кабель датчика длина 10 м (33 фута),

удлинительный кабель 10 м (33 фута),

макс. длина 30 м (98 футов)

Кабель контроллера:

- электродвигателя длина 10 м (33 фута)

- опция длина 20 м (66 футов)

Рабочая мощность

- TCU..... 90 – 260 перем. тока / 25 Вт

TCU + контроллер электродвигателя 200 – 240 В перем. тока / 375 Вт

Соединения с системой комплекса

- Аналоговые выходы 2 токовых выходы, 4 – 20 мА;

второй выход конфигурируемый

- HART..... 12 – 35 В пост. тока

- Вводы двоичного сигнала 2 ввода

-Гальваническая изоляция, 12 – 28 В пост. тока / 10 мА

PROFIBUS PA Slave (опция)

IEC 61158-2

- Блок питания Profibus от шины

- Напряжение на шине..... 9 – 32 В пост. тока, защита от неправильной полярности
- Макс. осн. ток..... 14,2 мА

Соединения с ПК (конфигурация и диагностика)

- DTM для FieldCare™ HART
- ПК-разъем (сервисный) RS-232

Окружающие условия

- Температура окружающей среды..... макс. 50 °C (макс. 122 °F)
- Класс корпуса IP65 (NEMA 4)
- Вибрация
- TCU..... макс. 1 Г (10 м/с²), 10 – 2000 Гц
- TCU + контроллер электродвигателя макс. 0,5 G (5 м/с²), 10 – 2000 Гц

Вес

- TCU 2 кг (4,4 фунта)
- TCU + контроллер электродвигателя 6,7 кг (14,8 фунта)

2.4. Микроволновые датчики концентрации

Микроволновый датчик концентрации MCA

В микроволновых датчиках используется высокоточный метод детекции по методу прямого сканирования (DSD), специально разработанный для анализа микроволнового сигнала низкой мощности. Датчики на основе этого метода (типа Valmet MCA) обеспечивает улучшенную чувствительность и точность измерения концентрации в потоке среды. Вместе с микроволновыми антеннами и цифровой электроникой, нечувствительными к старению компонентов или температурным воздействиям, подобные микроволновые измерения обеспечивают гораздо более высокое разрешение и воспроизводимость результатов, чем аналоговые конструкции.

Метод обеспечивает наилучшие показатели управления технологическим процессом, в частности, для точного дозирования химических веществ, управления рецептурой, создания композиций, оптимизации подачи пульпы на рафинер и контроля массы метра квадратного бумаги-основы.

Микроволновый датчик концентрации измеряет общую концентрацию технологического потока целлюлозы независимо от длины волокна, чистоты, породы древесины или сложности композиции и не зависит от скорости потока, яркости или цвета.

Для обеспечения съема микроволнового сигнала используются две зондовые вставки: чувствительные элементы (сенсоры), как показано на рис. 2.31.

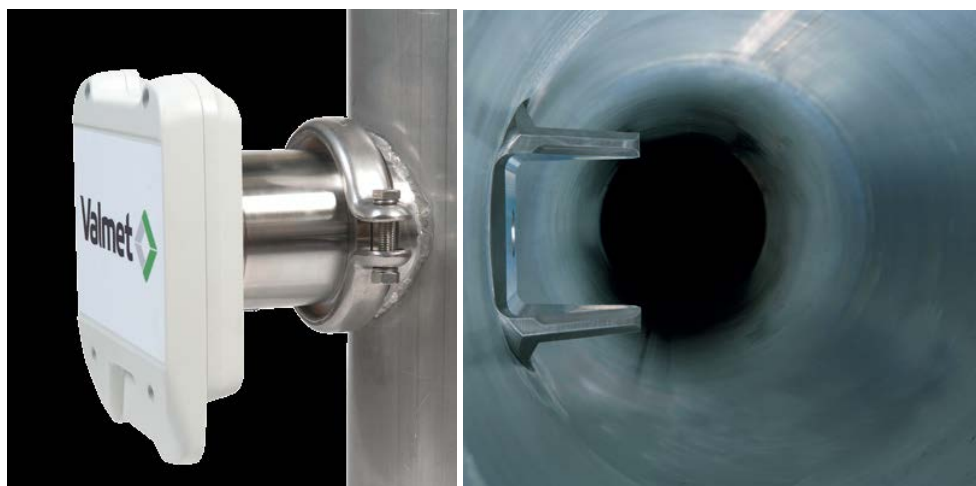


Рис. 2.31. Конструкция и схема установки чувствительных элементов (сенсоров) микроволнового зонда Twin blade датчика Valmet MCA компании Valmet [7]

Схема установки сенсоров предназначена для использования в технологических трубопроводах диаметром 200 мм и более. При такой конструкции установленные вставки устраняют проблему засорения сенсоров при неочищенной пульпе и другие проблемы, с которыми сталкиваются многие зонды вставного типа.

Современные конструкции микроволновых датчиков основаны на следующих технических решениях:

- использование цифровой электроники;
- применение высокого разрешения для повышения чувствительности;
- исключение влияния старения компонентов или температурных воздействий;
- использование технологии DSD (прямого сканирования), обеспечивающее повышенную чувствительность и точность измерений;
- более широкая применимость в сложных технологиях;
- использование конструкций с двумя сенсорами для исключения нанизывания загрязнений при работе с неочищенной целлюлозой и обеспечения высокой проводимости в потоке химической целлюлозы.

Ввод в эксплуатацию и качество эксплуатация улучшаются при использовании дружелюбного пользовательского интерфейса. Так, в датчике Valmet MCA используется интерфейс Valmet Bridge, имеющий следующие особенности:

- 7-дюймовый сенсорный экран,
- отслеживание тенденций и диагностика,
- многоточечная калибровка,
- удаленный доступ и подключение к промышленному интернету.

Благодаря диагностике, Wi-Fi и подключению к промышленному интернету, пользовательский интерфейс обеспечивает простоту в освоении и интуитивно понятный доступ к работе датчика концентрации и удаленным сервисам.

Низкие затраты на срок службы обеспечиваются простотой в установке и отсутствием требований к регулярному техническому обслуживанию, чтобы свести к минимуму затраты на ввод в эксплуатацию и затраты на саму эксплуатацию. Используется одноточечная калибровка, выполняемая за несколько минут. Дополнительные интегрированные измерения, такие как измерения температуры, давления и вибрации, поддерживают диагностику работы для проверки качества измерений.

Таким образом, современные решения в области микроволновых технологий эффективны по нескольким основным причинам:

- снижение затрат на установку,
- не требуется технического обслуживания,
- одноточечная быстрая калибровка,
- улучшенный пользовательский интерфейс,
- широкий спектр применения,
- безопасная микроволновая технология.

Микроволновые датчики имеют расширенное применение там, где другие решения работают неэффективно. Использование двухлопастного датчика с ограниченной проводимостью и компенсацией по типу химического состава пульпы позволяет устанавливать современные микроволновые датчики в технологических трубопроводах химической целлюлозы, имеющей высокую проводимость. Примером является микроволновый датчик Valmet MCA.

С целью обеспечения измерений с обеспечением ограниченной проводимости используются различные типы калиброванных чувствительных элементов, как показано на рис. 2.32.

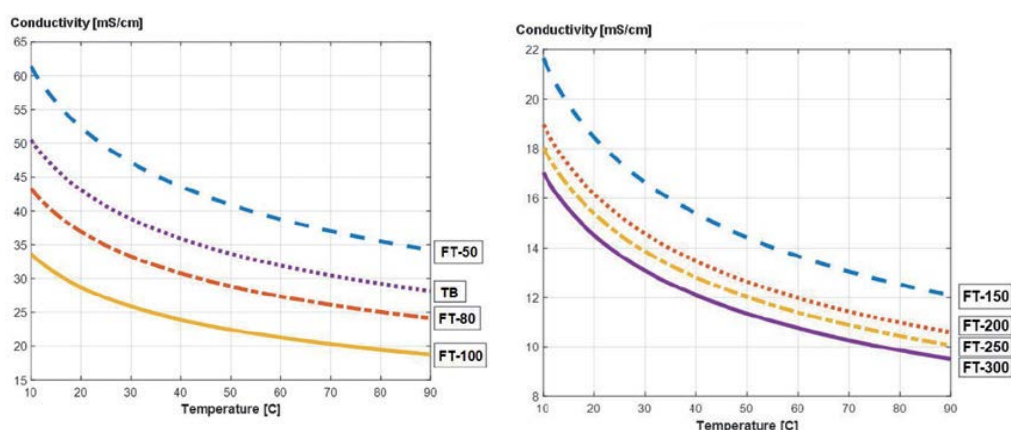


Рис. 2.32. Максимальные пределы проводимости и калибровочные температурные кривые по уровням проводимости для чувствительных элементов микроволнового датчика концентрации Valmet MCA FT-50...300 – модели чувствительных элементов

Измерения, проводимые датчиком, не подвержены влиянию различных композиционных составов пульпы, смесей волокон, сортов целлюлозы или различного содержания наполнителя. Датчик обеспечивает измерение концентрации с высокой точностью от линий химической отбелки целлюлозы, механической варки и переработки вплоть до машинного бассейна. Это особенно важно для обеспечения качества измерений, их надежности, стабильности и точности и регулирования в сложных процессах.

Технико-экономическая эффективность применения микроволновых датчиков достигается за счет следующих показателей:

- более эффективный контроль производства,
- улучшенное качество,
- экономия сырья и химикатов и снижение потерь,
- минимальные технологические сбои,
- уменьшение брака.

Датчики применяются на критически важных участках технологии бумажных фабрик, как показано на рис. 2.33 и работают на практически всех применяемых видах целлюлозы и бумажной массы.

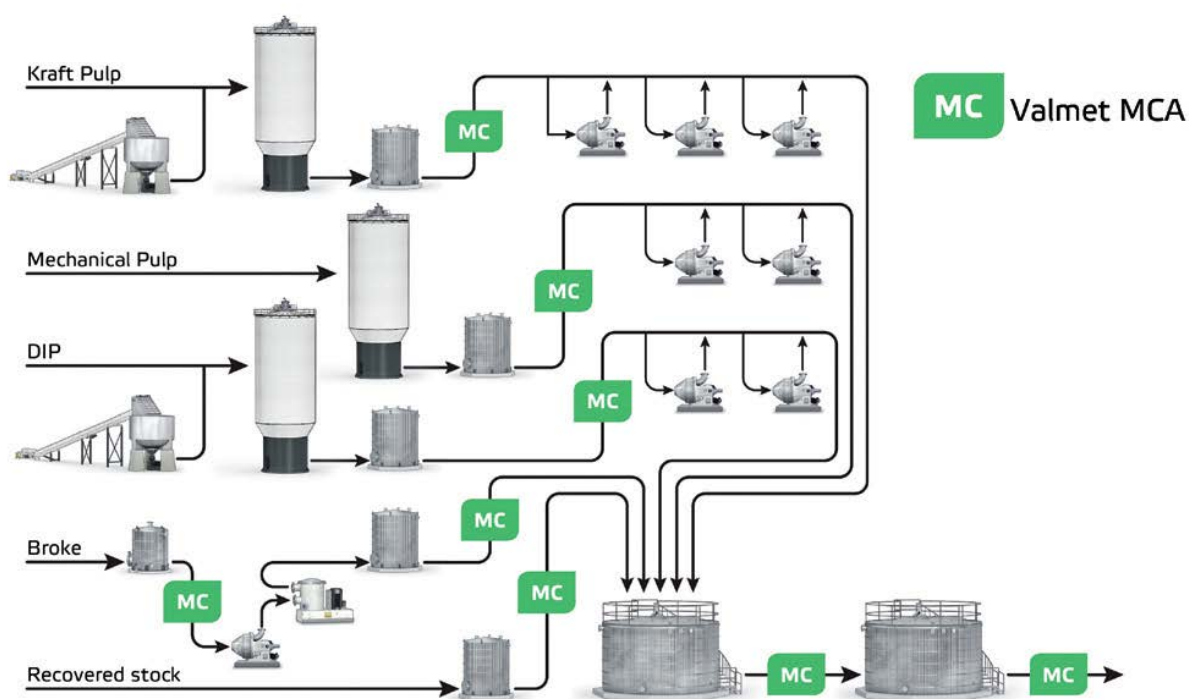


Рис. 2.33. Участки применения микроволновых датчиков концентрации на бумажной фабрике

Датчики имеют хорошие показатели корреляции с лабораторными испытаниями наиболее используемых видов пульпы (рис. 2.34).

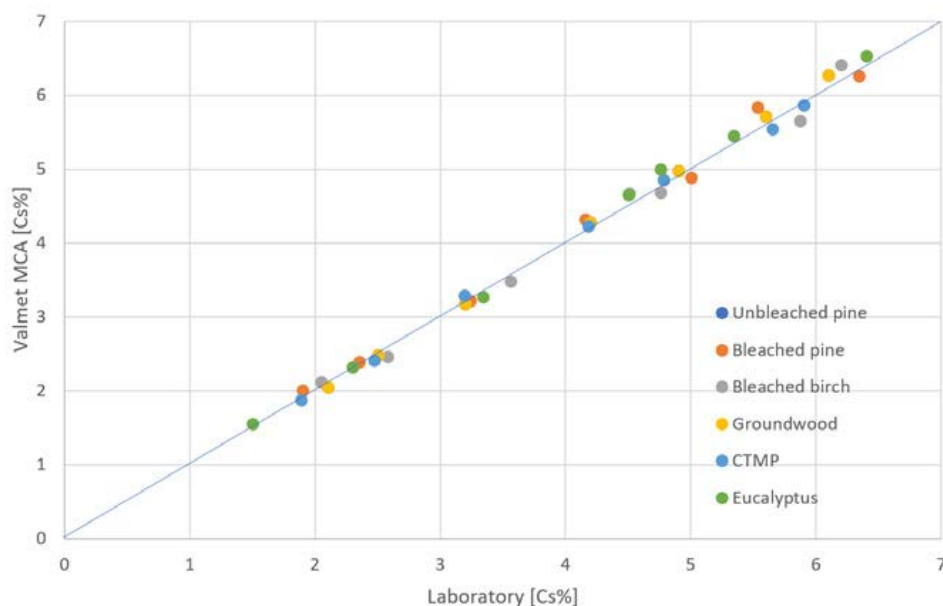


Рис. 2.34. Корреляция показаний измерений микроволнового датчика Valmet MCA и лабораторных испытаний на различных видах целлюлозной и бумажной массы

Двухлопастные микроволновые датчики используются в бассейне хранения массы процесса ОСС (макулатурная масса из старых гофроящиков – Old Corrugated board Containers). Бассейн находится на ранней технологической стадии линии ОСС, где присутствуют все виды загрязнений, а сырье сильно различается. Это одно из самых сложных применений в целлюлозно-бумажных процессах. Ранее здесь использовали механические и оптические датчики для регулирования концентрации.

Из-за различий в сырье и всех существующих примесей оптический датчик для этого применения не мог быть откалиброван и успешно использован на этом участке. Когда дело доходило до механического ротационного датчика, используемого для измерения концентрации, очень часто примеси в процессе прилипали к пропеллерным лопастям и чувствительному элементу датчика. Это означало, что этот датчик концентрации не мог измерять, а техническое обслуживание и очистка были постоянно необходимы на еженедельной основе. Следовательно, возникали дополнительные издержки у эксплуатационного персонала по обслуживанию этих датчиков. Благодаря двухлопастному микроволновому датчику можно эффективно управлять такого рода технологическими процессами на трубопроводах большого диаметра и для потоков с неочищенной целлюлозой.

При установке микроволнового датчика проводятся опытные измерения с одноточечной калибровкой. Они достаточны для такого сложного применения. Результаты показывают хорошую корреляцию показаний микроволнового датчика Valmet MCA, ($R^2 > 0,9$), рис. 2.35.

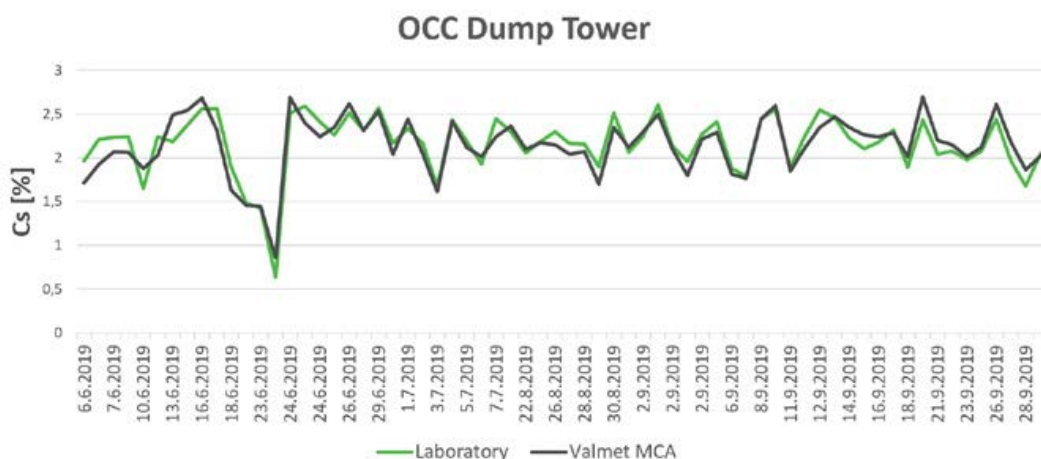


Рис. 2.35. Корреляция показаний микроволнового датчика Valmet MCA с лабораторными измерениями в мешальном бассейне

Датчику не требуется технического обслуживания, повторной калибровки и очистки датчика. Двойные сенсоры-лопасти микроволнового датчика устанавливается через технологическую муфту в технологическом трубопроводе. Датчик имеет две лопасти в форме ребер со смонтированными внутри антеннами, и измерение происходит между ребрами. Эта модель датчика подходит для мест измерения с высокой проводимостью и для установок в технологических трубопроводах большого диаметра (рис. 2.36). В датчик концентрации также встроены датчики температуры и давления в процессе.



Рис. 2.36. Схема монтажа микроволнового датчика в контурах регулирования на технологических трубопроводах большого диаметра [7]

Корпус датчика представляет собой трубу, которая заменяет участок технологической трубы одинакового диаметра. Скрытые, смонтированные в лопасть антенны устанавливаются на противоположных сторонах корпуса датчика, так что измерение происходит по всему диаметру трубы. Корпуса электроники датчиков устанавливаются на корпусе датчика с помощью базовой рейки, а датчики температуры и давления устанавливаются внутри базовой рейки. Антенные кабели расположены за отдельным защитным кожухом. Общий вид датчика представлен на рис. 2.37.



Рис. 2.37. Общий вид микроволнового датчика Valmet MCA

Интерфейс датчика содержит 7-дюймовый емкостный сенсорный экран с возможностью отслеживания тенденций. Интерфейс обеспечивает улучшенный пользовательский интерфейс с простой калибровкой, возможностями отслеживания тенденций в реальном времени, интеллектуальной диагностикой и удаленным доступом.

Технические характеристики микроволнового датчика концентрации Valmet MCA приведены ниже.

Технические характеристики

Диапазон измерения датчика Valmet MCA 0 – 16 % Cs

Воспроизводимость $\pm 0,01$ % Cs

Чувствительность 0,001 % Cs

Фильтрация 1 – 99 с

Микроволновая мощность 0,25 – 316 МВт (-6 ... + 25 дБм)

Диапазон измерения давления 0 – 25 бар

Точность $\pm 0,1$ бар

Условия процесса

Диапазон pH 2,5 – 11,5

Температура $0 \leq T < 100$ °C

Технологическое давление

- Минимум > 1,5 бар рекомендуется, без воздуха

- Максимум, ТВ-модель PN25

- Максимум, FT-модель DIN PN16 / ANSI Класс 150 / JIS 10k

Вибрация макс. 20 м/с², 10-2000 Гц

Расход мин 0,01 м/с

Температура окружающей среды -20...+70 °C (-4...+158 °F),

защита от прямых источников тепла

Материалы

корпуса класса IP66 (NEMA 4X),

для смоченных деталей датчика ТВ AISI 316L (опция: 254 SMO), керамика

Уплотнительные кольца EPDM, FKM, PTFE

Технологическая муфта AISI 316L (опция: 254SMO)

Монтажные зажимы AISI 304

Крепежные болты 8,8 ZNE и AISI316,

Материалы датчика FT

для смоченных деталей AISI 316, AISI 316L, Керамика

Уплотнительные кольца EPDM, FKM

Вес

МСА-ТВ 7,3 кг (16,1 фунта)

МСА-FT 50/2" 8,4 кг (18,5 фунта)

МСА-FT 80/3" 9,8 кг (21,6 фунта)

МСА-FT 100/4" 9,9 кг (21,8 фунта)

МСА-FT 150/6" 13,2 кг (29,1 фунта)

МСА-FT 200/8" 16,5 кг (36,4 фунта)

МСА-FT 250/10" 24,2 кг (53,4 фунта)

МСА-FT 300/12" 28,2 кг (62,2 фунта)

Операторский терминал

Соединительный кабель для подключения рабочего терминала к датчику

- длина 10 м (33 фута),

доступен удлинительный кабель длиной 10 м (33 фута),

- макс. длина 30 м (98 футов)

Рабочее напряжение 90 – 260 В переменного тока / 10 Вт

Подключения к заводским коммуникациям

- аналоговые выходы 2 токовых выхода, 4 – 20 мА

- HART 12-36 В постоянного тока

- двоичные входы 4 x 12 – 28 В постоянного тока / 10 мА, изолированные

- релейные выходы 2 релейных выхода, макс. 250 В переменного тока, 220 В постоянного тока / 2 А
Варианты подключения USB USB-HOST, USB-DEVICE, Ethernet

Условия окружающей среды

Температура окружающей среды -5 – 50 °C (+23 – 122 °F)

Класс корпуса IP66 (NEMA 4X)

Материалы

Корпус Алюминиевое литье

Крышка дисплея Поликарбонат

Размеры и вес

258 x 303 x 172 мм (10,2” x 11,9” x 6,8”)

Вес 6,4 кг (14,1 фунта)

2.5. Оптические датчики концентрации

Оптический датчик концентрации Valmet OC

При измерениях низких концентраций оптические датчики часто являются единственно возможным методом измерения, обеспечивающим надежные результаты, и оптическое измерение концентрации обеспечивает точность, надежность и простоту установки.

В настоящее время их применение расширяется за счет изучения возможности их использования в массах с эвкалиптовой и химической целлюлозой, а также вторичным волокном. Помимо измерения общей концентрации, оптические датчики позволяют также измерять зольность (рис. 2.38).

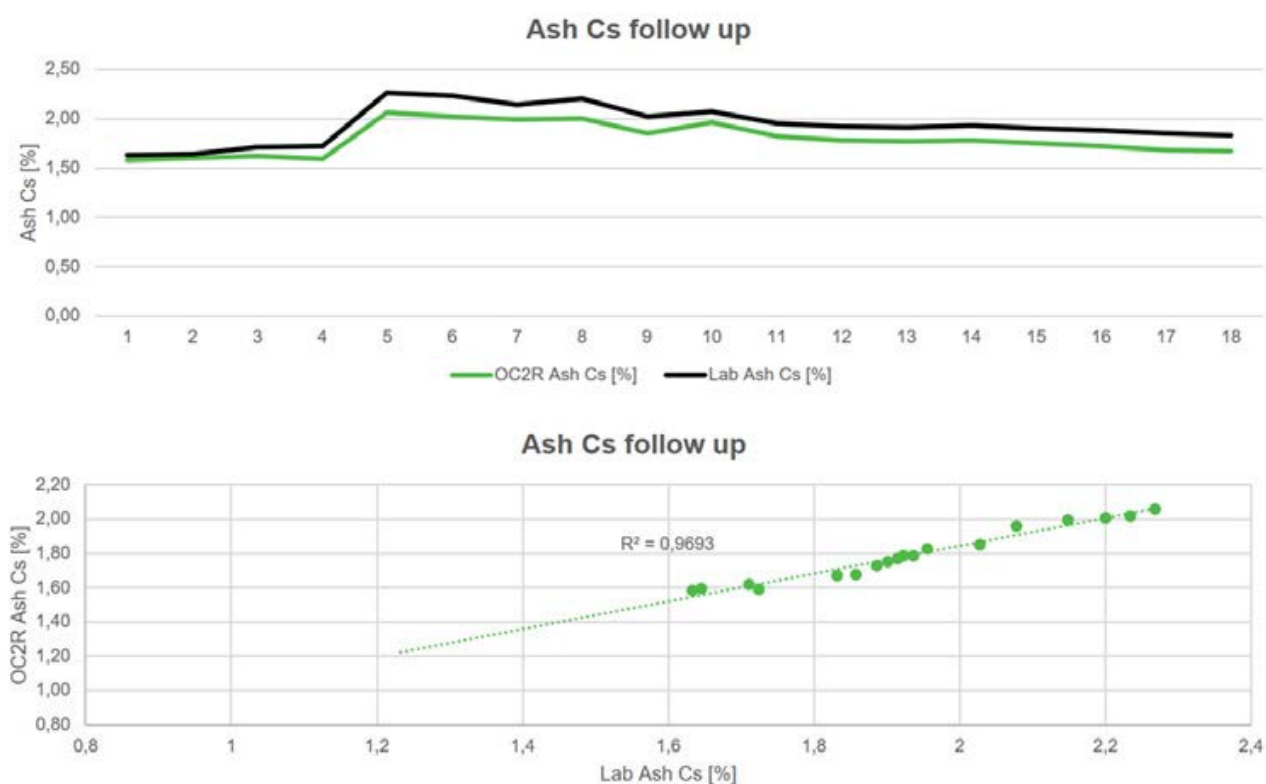


Рис. 2.38. Сравнение измерений в лаборатории и встроенным в процесс оптическим датчиком

Конструктивно датчики выполняются максимально универсальными. Для этого используются одни и те же базовые компоненты и модули, оптимизированные для конкретного применения с широко применяемыми коммуникационными протоколами, такими как HART, Profibus PA и проведением онлайн-мониторинга состояния датчика с помощью систем Fieldcare или AMS.

Оптические датчики позволяют измерять концентрацию в рабочем диапазоне от 0 до 12 %, с возможностью измерения зольности во вторичном волокне и на участках подготовки массы, волокна, бумаги и картона.

В датчике используется метод измерения общей концентрации с применением оптического преобразователя. При этом дополнительно измеряется содержание золы в качестве второго измеренного значения. Добавление измерения зольности к измерению общей концентрации позволяет лучше контролировать процессы подготовки сырья со всеми видами сырья от первичного или переработанного волокна до механической и химической целлюлозы.

Датчики имеют широкое применение для различных технологических сред. Описание применения для основных из них приведены ниже.

Механическая целлюлоза. Для измерений концентрации механической массы в оптическом датчике используется оптимизированная конструкция зонда

с несколькими волоконно-оптическими каналами. Основные участки применения: TMP, GW и CTMP; измельчение, центриклинеры, удаление загрязнений, сортирование, очистка и разволокнение на участках мельниц при низкой концентрации.

Пример установки оптических датчиков в линии целлюлозы показан на рис. 2.39.

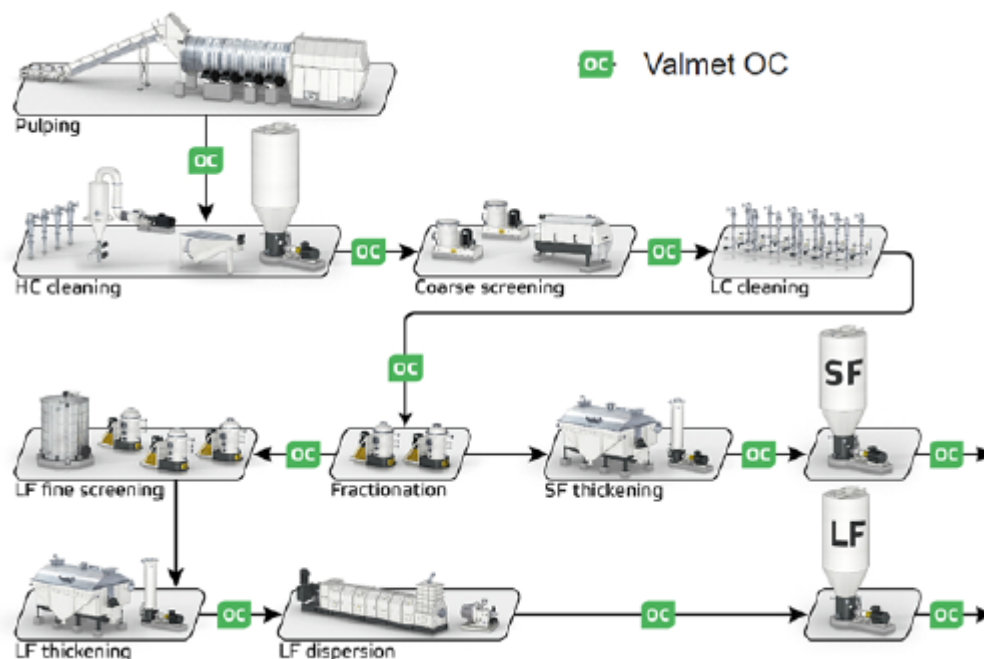


Рис. 2.39. Схема установки оптических датчиков Valmet OC в процессе производства целлюлозы

Химическая целлюлоза. Благодаря использованию сапфировых окон оптические датчики начали находить применение не только в промытой неабразивной целлюлозе, но их использование расширило сферу применения датчиков в абразивных и коррозионных средах, используемых при химической варке целлюлозы.

Области применения охватывают ранние стадии отбеливания вплоть до хранения целлюлозы или сушильной машины.

Эвкалиптовая целлюлоза. Эвкалиптовая целлюлоза обладает существенно отличными оптическими свойствами по сравнению с другими видами целлюлозы, что в настоящее время учитывается при разработке специальных оптических датчиков и выбора методов измерения. Типичным применением является контроль концентрации подачи массы для рафинера низкой концентрации, где улучшены результаты разработки волокна и снижено удельное потребление энергии.

Переработка вторичного волокна. Процессы переработки макулатуры по типу fiberOCC и RCF представляют собой проблему для любого измерительного

устройства, в котором присутствуют песок, металл и другие загрязняющие вещества, а также неорганические наполнители. Для использования в этих условиях оптические датчики оснащаются надежными зондами, позволяющими выдерживать высокую абразивность среды в потоке, и обеспечивают измерения, которые допускают колебания уровня золы. Как правило, именно высокая зольность макулатуры препятствует использованию других типов оптических измерений концентрации. При этом при измерении при помощи оптического датчика Valmet ОС используется один источник света и измеряется отраженный / рассеянный свет от суспензии целлюлозы.

Для обеспечения качественных измерений датчик устанавливается недалеко от насоса.

Для калибровки используются кривые для различных типов пульпы, которые хранятся в памяти датчика. При калибровке выбирается тип пульпы и вводятся лабораторные значения. После завершения лабораторной оценки значение вводится на клавиатуре центрального блока датчика. Поскольку датчик имеет линейный отклик, то достаточно одноточечной калибровки. Для сложных сред используется многоточечная калибровка.

Низкая стоимость срока службы и надежность обеспечивается простотой установки при минимуме сварочных работ и отсутствием чувствительных элементов в технологическом трубопроводе.

Технические характеристики основных оптических датчиков концентрации серии Valmet ОС приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5 – Основные технические характеристики оптических датчиков концентрации серии Valmet OC

Характеристики	Valmet OC	Valmet OCR	Valmet OCS	Valmet OCE	Valmet OC2R
	Чистая механическая масса	Зольная масса	Химическая масса	Эвкалиптовая масса	Полная концентрация включая золу
Выход 1, измеряемый диапазон, Cs%	0 – 12 %	0 – 12 %	0 – 12 %	0 – 12 %	0 – 12 %
Выход 2: измеряемый диапазон, зольность	-	-	-	-	0 – 10 %
Воспроизводимость, %	+0,01 %	+0,01%	+0,01%	+0,01 %	+0,01 %
Чувствительность, %	0,002 %	0,002 %	0,002 %	0,002 %	0,002 %
Содержание наполнителя, макс.	30 %	100 %	30 %	30 %	100 %
Колебания зольности	+2 %	Не ограничено	+2%	+2%	Не ограничено
pH	3 – 10	3 – 10	2 – 12	3 – 10	3 – 10
Давление	PN25	PN25	PN25	PN25	PN25
Скорость потока мин					
Турбулентный поток	0,3 м/с	1 м/с	0,3 м/с	0,3 м/с	1 м/с

Пример технической спецификации оптического датчика концентрации Valmet ОС показан ниже.

- Оптический датчик измерения концентрации в целлюлозно-бумажной промышленности.
- Версия Valmet ОС для новых объектов.
- Версия Valmet OCLX для замены датчиков smartLX.

Измерение

Диапазон измерения 0,5 – 7 % Cs
Мин.диапазон 0,5 % Cs
Повторяемость $\pm 0,01$ % Cs
Чувствительность..... 0,002 % Cs
Демпфирование..... настраиваемое, 1 – 60 с

Материалы

Защита Поликарбонат
Детали, контактирующие с жидкостью AISI 316L
Материал уплотнительного кольца VITON

Технологические условия

Температура от 0 до +120 °C
Скорость потока..... от 0,3 м/сек, поток массы в турбулентном состоянии
рН 3 – 10
Рабочее давление..... PN25
Вибрация..... макс. 2G (20 м/с²), 10 – 2000 Гц

Окружающая среда

Температура окружающей среды -20 до + 60 °C
Температура хранения... от -50 до + 80 °C

Стандарт ЕМС на проведение испытаний

Помеха от излучения IEC 61000-6-2
Помехоустойчивость IEC 61000-6-4

Вес

Датчик + оптический TCU 3,9 кг

Оптический TCU Valmet ОС

Подключения

От TCU до оптического модуля..... длина 0,7 м
- опция длина 10 м
Оптический кабель длина 5 м
- опция длина 10 м

Питающее напряжение

- TCU..... 90 – 260 VAC / 25 Вт

Подключения к заводской системе

- Аналоговые выходы..... 2 токовых выхода, 4 – 20 мА;

2-й выход конфигурируемый

- HART..... 12 – 35 VDC

- Двоичные входы..... 2 входа, гальванически развязаны
12 – 28 VDC / 10 мА

PROFIBUS PA Slave (опция)

IEC 61158-2

- Питание Profibus..... по шине

- Напряжение шины..... 9 – 32 VDC, защита от неправильного
подключения полярности

- Макс. основной ток..... 14,2 мА

Подключения к ПК (конфигурация и диагностика)

- DTM..... HART

- Подключение к ПК (обслуживание)..... RS-232

Окружающая среда

Температура окр. среды макс. 50 °C

Класс защиты..... IP65 (NEMA 4)

Вибрация

- TCU + опт. модуль..... макс. 1 G (10 м/с²), 10 – 2000 Гц

Вес

TCU..... 2 кг

TCU + опт. модуль3 кг

Оптический датчик низкой концентрации VALMET LC

По мере ужесточения экологических норм целлюлозно-бумажные комбинаты стремятся снизить потребление пресной воды и воздействие на окружающую среду, все чаще делая систему водоснабжения замкнутой. Более эффективное управление технологическими процессами и меньшая вариабельность процесса также способствуют повышению эксплуатационной пригодности при одновременном снижении воздействия на окружающую среду.

Улучшенное управление дисковыми фильтрами и прессами бумагоделательной машины уменьшает долгосрочные отклонения в процессе. Неисправности и нарушения в работе дискового фильтра, вызывающие колебания зольности, являются одними из наиболее частых источников проблем с работоспособностью. Пример установки датчиков низкой концентрации на участке дисковых фильтров показан на рис. 2.40.

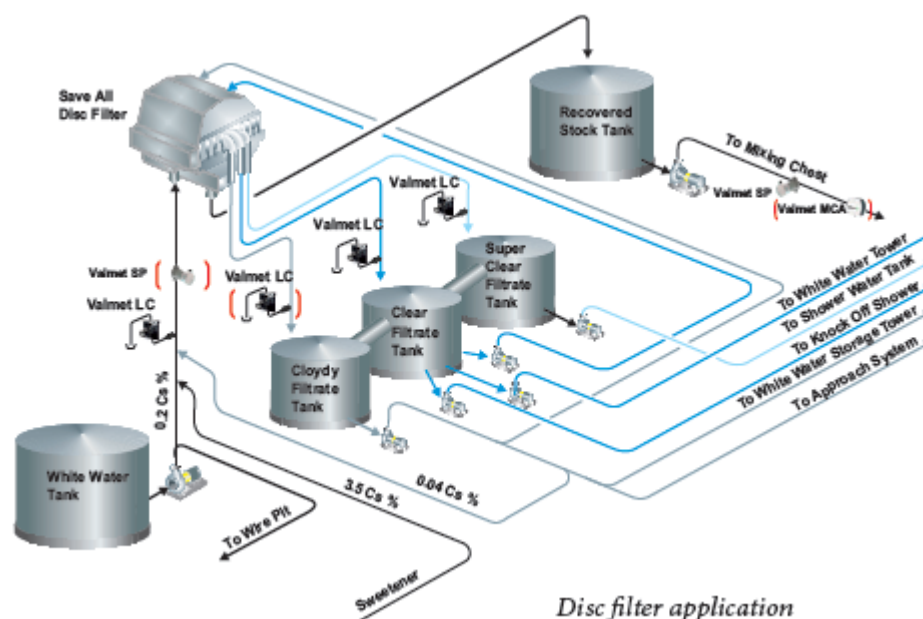


Рис. 2.40. Пример установки оптических датчиков низкой концентрации на участке дисковых фильтров (компания Valmet)

На новых высокоскоростных бумагоделательных машинах управление влажным концом с помощью онлайн-измерений и контроля уже рассматривается как необходимость. Средства контроля удержания, золы и заряда на основе оптических датчиков концентрации и анализаторов являются стандартными инструментами в современном производстве бумаги.

Однако на некоторых бумагоделательных машинах контроль мокрого конца не обязательно требует полностью автоматизированной системы управления. Достаточно онлайн-измерения общей концентрации в напорном ящике и на участке осветленной воды. Непрерывное измерение концентрации в стоках также помогает управлять системой сточных вод завода. При этом нарушения технологического процесса обнаруживаются немедленно, и корректирующие действия могут быть приняты без задержки. Эти потребности являются движущими силами в создании и развитии технологий оптических измерений концентрации.

Оптический датчик концентрации Valmet LC основан на измерении поляризации и ослабления света. По сравнению с традиционными оптическими измерениями концентрации, самым большим преимуществом оптических датчиков является то, что этот метод не зависит от цвета целлюлозы и изменений яркости. Колебания золы оказывают некоторое влияние на точность измерений, но даже этот эффект сводится к минимуму с помощью поляризационного метода по сравнению с другими оптическими односистемными измерениями.

Измерение поляризации света – это хорошо известный, надежный метод, который обеспечивает превосходную точность. Для сортированной целлюлозы метод подходит для концентраций от 0 до прибл. 2,0 % Cs.

Конструктивно оптические датчики выполняются так, чтобы не требовать технического обслуживания. Для этого окна в датчике сделаны из сапфира и практически не разбиваются. Во время автоматической промывки функция самодиагностики регулярно проверяет состояние передатчика и предупреждает обслуживающий персонал в случае обнаружения скопления загрязнений или засорения. Эта функция обеспечивает высокое время безотказной работы, независимо от условий процесса. Схема установки датчика показана на рис. 2.41.

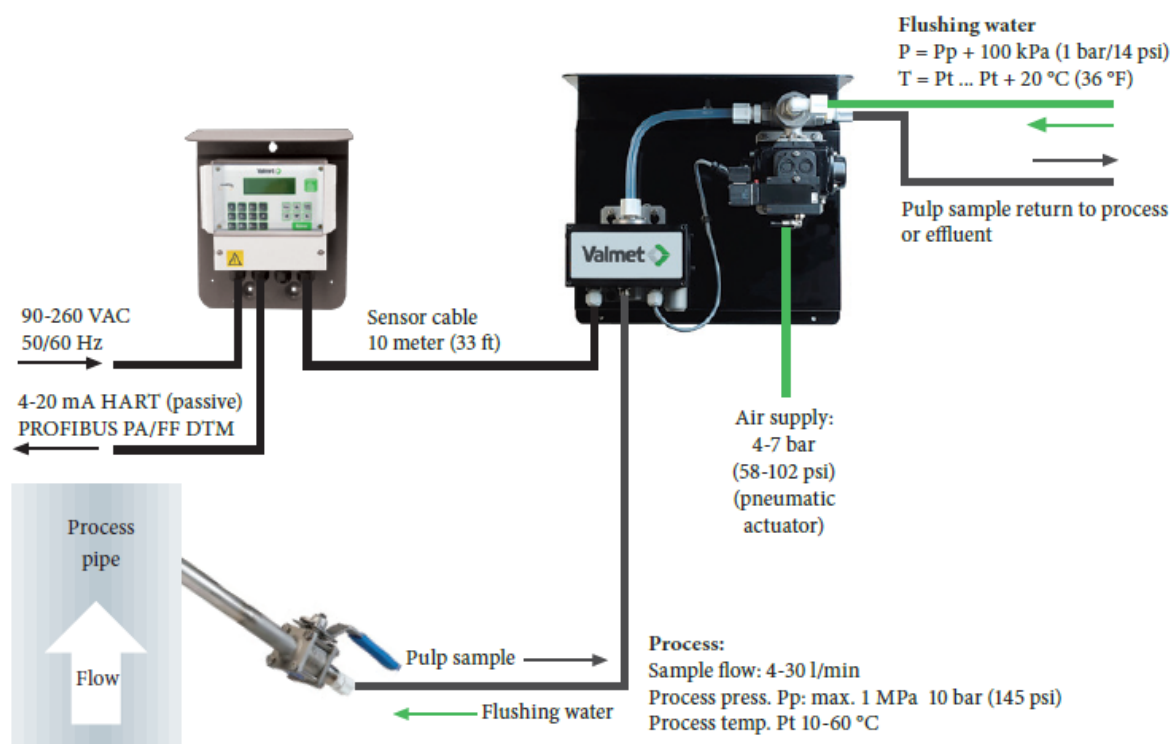


Рис. 2.41. Схема установки датчика Valmet LC, компания Valmet [6]

Калибровка проводится с помощью всего одного лабораторного образца. При необходимости четыре различных рецепта могут быть откалиброваны и сохранены в памяти передатчика. HART является стандартным протоколом, также используется PROFIBUS PA.

Основные технические характеристики оптического датчика концентрации приведены ниже.

Технические характеристики оптического датчика Valmet LC

Диапазон измерения деталей датчика.....0 – 2,0 %

Воспроизводимость, Cs:

- от 0,2 до 2,0 %Cs..... $\pm 0,005 \text{ } \%$ Cs

- от 0 до 0,2 %Cs..... $\pm 0,001 \text{ } \%$

Чувствительность Cs.....0,001 %

Материалы

Корпус.....Алюминий
Детали, в контакте со средой.....AISI 316LW
Окна.....сапфир

Условия процесса

Температура+10 – 60 °С
Расход.....4 – 30 л/мин
Давлениемакс. 10 бар
Температура окружающей+5 -50°

Стандарты испытаний СЕМС

Излучение.....IEC 61000-6-2
Помехозащищенность.....IEC 61000-6-4
Вес.....6 кг
Вибрация.....IG (10 м/с²), 10-200 Гц

Блок управления

Подключение к заводским коммуникациям
Аналоговый выход.....2 выхода, 4-20 мА, Пассивный
HART протокол.....12 – 35 VDC
Входные сигналы бинарный – 2 входа, гальванически изолированные
– 12 – 28 VDC / 10 mA
PROFIBUS PA ведомый (опция)
IEC 61158-2
Подключение к PC
DTM.....HART
PC-подключение..... RS-232
Температура окружающей среды.....макс. 50 °С
Вес2 Кг
вибрация..... 1G (10 м / с²), 10 – 2000 Гц

Оптические датчики низкой концентрации нашли наибольшее применение в следующих областях.

Сортирование. Контроль на участке сортирования является важным фактором для обеспечения работоспособности бумагоделательного производства: поддержание правильной концентрации подачи приводит к однородному сортированию фильтрата, что, в свою очередь, улучшает работу процесса.

Линии переработки целлюлозы. Оптический датчик особенно хорошо подходит для линий переработки целлюлозы. Для механической массы рекомендуется использовать оптический датчик типа Valmet OS.

Участок дисковых фильтров. При работе на участке дисковых фильтров требуется поддержание точной концентрации и регулирование потока. Оптические датчики на этом участке позволяют обеспечить качественное

питание дисковых фильтров и измерение качества фильтрата. Надежные измерения и точный контроль способствуют стабилизации содержания твердых частиц в фильтратах в длинном контуре циркуляции. Это уменьшает колебания веса основы в направлении машины и позволяет увеличить использование фильтрата для замены пресной воды в процессе.

Управление сточными водами. При управлении сточными водами бумажной фабрики непрерывное измерение содержания твердых веществ в сточных водах помогает быстро обнаружить нарушения технологического процесса, которые могут вызвать проблемы на очистных сооружениях, и которые увеличивают нагрузку на окружающую среду. Оптические датчики в этом случае измеряют концентрацию волокнистого осадка, и, в отличие от широко используемых измерений мутности, эти измерения не зависят от цвета или яркости среды.

Мокрый конец и контур короткой циркуляции. Измерения концентрации на участке напорного ящика и расхода осветленной воды являются важным элементом концепции управления процессом мокрого конца. На низкоскоростных бумагоделательных машинах, где материал не содержит золы или процентное содержание золы относительно стабильно, оптические датчики используются для измерения общей концентрации в контуре короткой циркуляции как в напорном ящике, так и на участке обработки осветленной воды (рис. 2.42).

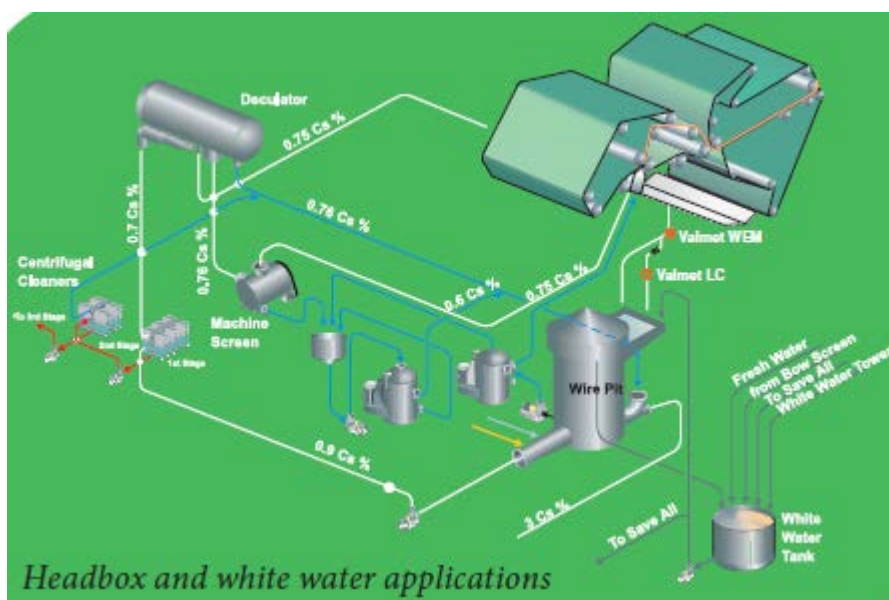


Рис. 2.42. Места установки датчиков низкой концентрации на мокром конце бумагоделательной машины

2.6. Пробоотборники

Пробоотборники серии Valmet Nove

Надежный отбор лабораторных проб является одним из вопросов, которому уделяется недостаточно внимания. В 1980-х годах с ростом внедрения автоматизированных систем управления и поточных автоматических средств измерений эта проблема была изучена, и были выработаны новые подходы к решению этой задачи. В частности, компанией Valmet Automation был создан новый пробоотборник типа Valmet (Valmet Nove) и пробоотборник высокой консистенции Valmet (Valmet Nove H). В настоящее время они являются «де-факто» стандартными пробоотборниками на многочисленных целлюлозно-бумажных заводах по всему миру (рис. 2.43).



Рис. 2.43. Пробоотборник серии Valmet Nove S22P

Три важнейшие проблемы при отборе проб – это воспроизводимость, достоверность и безопасность. Наиболее часто для отбора проб используются шаровые краны. Однако опыт их использования на целлюлозно-бумажных комбинатах показал, что шаровые краны не являются хорошим выбором: концентрация образца, как правило, ниже, чем фактическая концентрация процесса. Надежность отбора проб также снижается многими факторами: слой воды вдоль стенки трубы, колебания скорости потока, влияние тестеров, процесс и температура, брызги, закупорка и т. д. Частичное устранение этих проблем возможно при совершенствовании конструкций пробоотборников. Так, на рис. 2.44 показана зависимость достоверности лабораторной пробы от расхода для различных типов пробоотборников. Из рисунка следует, что пробоотборник Valmet Nove обладает лучшей воспроизводимостью в широком диапазоне расхода.

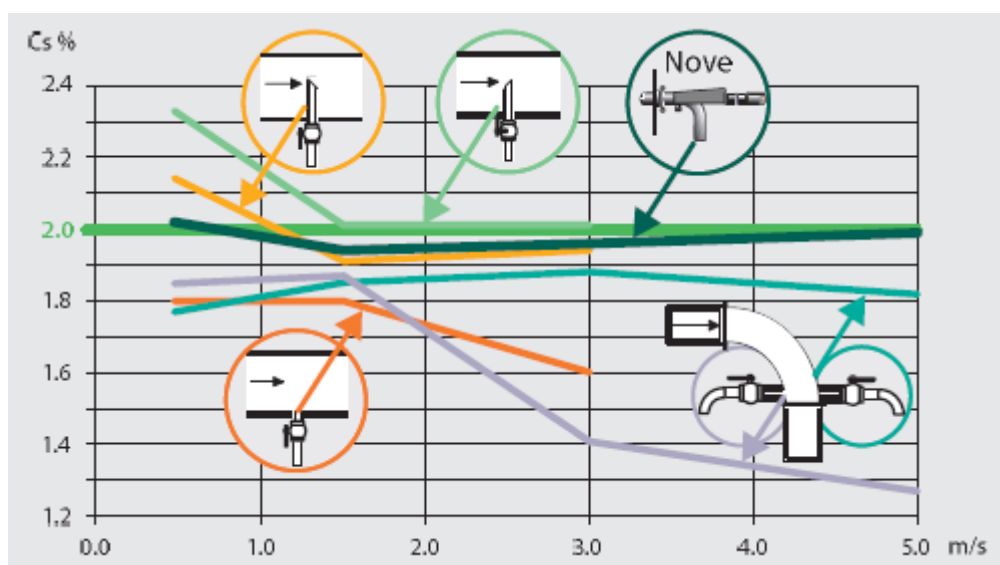


Рис. 2.44. Зависимость воспроизводимости значений концентрации (C_s) от расхода пульпы

Для достижения того же уровня надежности измерений, что и для двух проб, предоставленных Valmet Nove, требуется не менее одиннадцати проб, полученных при помощи отбора пробы шаровыми кранами (рис. 2.45).

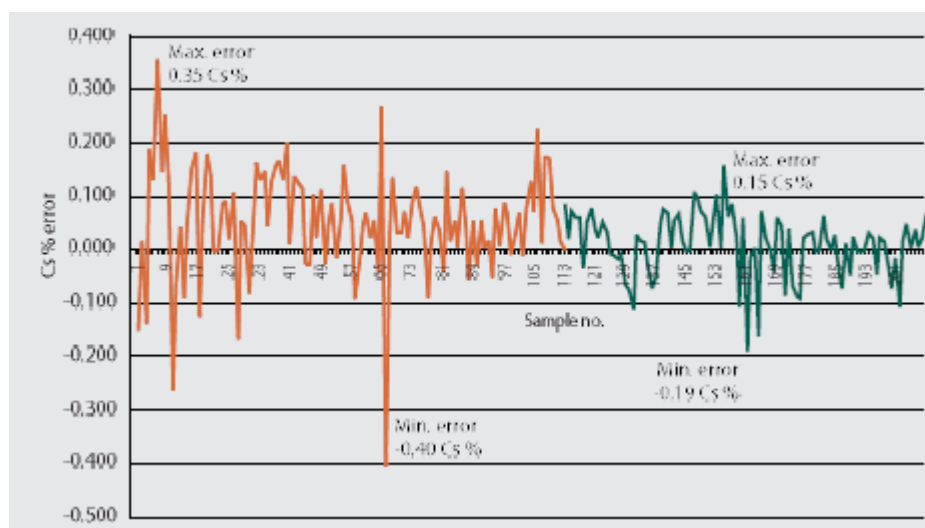


Рис. 2.45. Данные измерений концентрации, полученные при использовании шарового крана (выделено оранжевым) и пробоотборником Valmet Nove (выделено зеленым)

При отборе проб с помощью шаровых кранов наблюдается значительный разброс данных, что приводит к большой разнице в расчете баланса массы с использованием шарового клапана (серый) и пробоотборника Valmet Nove

(зеленый), рис. 2.45. Стандартное отклонение при использовании шаровых кранов составило по приведенному примеру 0,10 % Cs, тогда как при использовании пробоотборника Valmet Nove 0,06 % Cs. Более чем на 50 % лучший результат был достигнут при использовании пробоотборника Valmet Nove. В отличие от шаровых кранов, Valmet Nove нечувствителен к изменениям расхода и снижает общую погрешность измерений.

Различные условия процесса, а также человеческий фактор оказывают значительное влияние на вариации, вызванные навыками оператора и практикой отбора проб. При этом необходимо помнить, что пробы концентрации являются единственным стандартом при калибровке датчиков концентрации и оценке их работы.

Плохой отбор проб усложняет и замедляет процедуру калибровки. Это также ставит под угрозу корреляцию и снижает уверенность оператора. Из-за этого требуется более частое тестирование и последующий контроль. Кроме того, оптимизация процесса основана на надежных измерениях и контроле. Поэтому все действия, способствующие улучшению измерений концентрации, стоят вложенных средств.

Существуют также другие методы, помимо шаровых кранов, обычно используемых для отбора проб. Существуют тарельчатые клапаны с очень большим отверстием и многооборотные пробковые клапаны, которые не только дают менее репрезентативную выборку, но и противоречивые результаты, поскольку на них сильно влияют особенности метода отбора.

Как и в случае с шаровыми кранами, безопасность должна быть главным фактором при эксплуатации этих клапанов. Высокие технологические температуры и давления могут сделать отбор проб опасным, если для отбора проб используются обычные клапаны. Ход поршня Valmet Nove регулируется, обеспечивая точную необходимую скорость потока для каждого применения, без ненужного риска. Прибор Valmet Nove обеспечивает безопасный отбор репрезентативных проб.

Производительность пробоотборника не должна зависеть от изменений условий процесса. Он также должен обеспечивать возможность установки в наилучшем возможном месте для оптимальной калибровки. Функция обратной промывки обеспечивает репрезентативный отбор проб.

Безопасность эксплуатации и конструкция головки пробоотборника без закупорки являются основными критериями при разработке пробоотборников, а такие аксессуары, как емкость для сбора проб MUKI, обеспечивают легкий и безопасный отбор проб даже в сложных применениях, например на линиях продувки варочного котла.

Датчики концентрации становятся умнее и это открывает новые возможности для более тесной связи между ними и пробоотборниками. Для более точной настройки современные датчики концентрации оснащаются системой, которая обеспечивает синхронизацию операции отбора проб: в датчике фиксируется измеряемая концентрация, когда отбирается проба. Результат измерения сохраняется для последующего расчета калибровки, когда

будет получен результат измерения из лаборатории. Эта функция способствует повышению качества управления измерений концентрацией и контролю технологического процесса. Для повышения эффективности отбора проб начинают применять пневматические пробоотборники с высокой частотой пробоотбора (рис. 2.46).



Рис. 2.46. Пневматический пробоотборник Valmet Nove:

- 1) ручной переключатель; 2) детектор определения открытия / закрытия клапана; 3) клапан обратной промывки воды; 4) промывочный клапан;
5) воронка

Современные пробоотборники развиваются в направлении повышения эффективности пробоотбора целлюлозы высокой концентрации. Так, на рис. 2.47 показан пробоотборник для отсортированной целлюлозы с концентрацией до 18 %. Для несортированной целлюлозы с высокой концентрацией (до 18 %) данная конструкция Valmet Nove H является единственным надежным решением.



Рис. 2.47. Пробоотборник высокой концентрации Valmet Nove H

3. ВЫБОР ДАТЧИКОВ КОНЦЕНТРАЦИИ

Выбор датчика концентрации может быть обусловлен: доступными инвестиционными средствами; требованиями по точности; условиями процесса; возмущениями в процессе; особенностями технологических трубопроводов; стандартами предприятия. Общая схема выбора, предлагаемая компанией Valmet Automation, представлена на рис. 3.1.

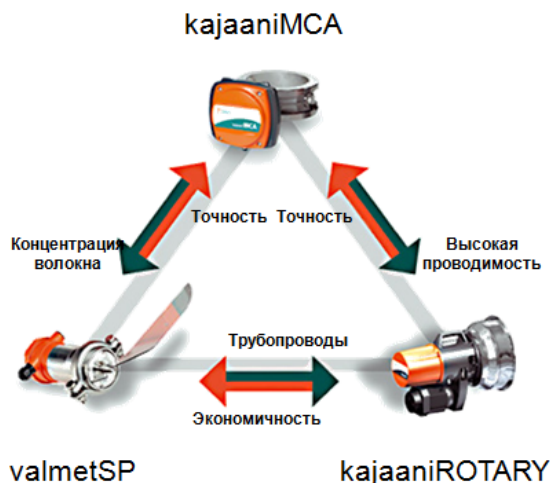


Рис. 3.1. Схема выбора датчиков концентрации (компания Valmet)

Проведем обоснование и выбор датчика концентрации для нескольких ключевых участков: после машинного бассейна и на линии осветленной воды.

1. Выбор датчиков для измерения концентрации после машинного бассейна

Измерение концентрации является самым важным по всей технологической линии подготовки и облагораживания массы вплоть до напорного ящика, после которого она уже не измеряется. Исходя из этого, например, регулируется положение клапана веса метра квадратного бумаги и рассчитывается производительность машины. Кроме того, дозирование химикатов и добавок определяются исходя из объема волокна.

Чтобы иметь возможность измерять общую концентрацию, измерение необходимо проводить с помощью микроволнового передатчика MCAi. Типичное значение консистенции составляет 3...3,5 % Cs. Требования к точности достигают $\pm 0,01$ % Cs. Для устойчивой работы датчика технологическое давление должно превышать 1,5 бар. Давление необходимо для устранения эффекта выделения пузырьков воздуха.

2. Выбор датчиков концентрации на линии осветленной воды

Схема установки датчиков концентрации на линии осветленной воды показана на рис. 3.2.

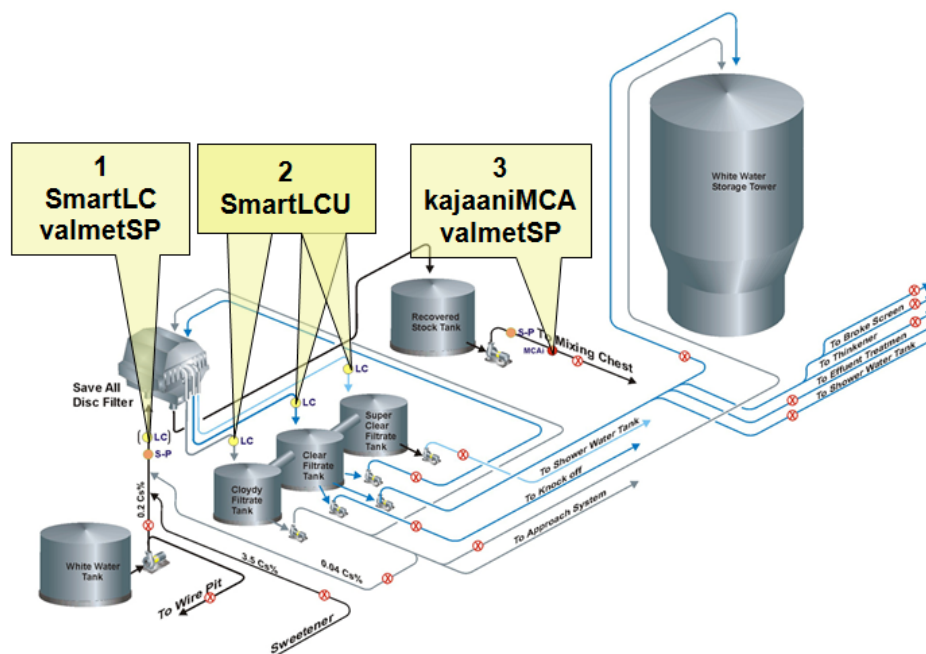


Рис. 3.2. Схема установки датчиков концентрации на линии осветленной воды

Проведем обоснование выбора датчиков концентрации.

2.1 Регулирование концентрации в дисковых фильтрах. В обычной системе химикаты из исходной дозировки смешивают с осветленной водой без отдельного измерения концентрации (Cs). Измеряются только расходные характеристики линий, а концентрация контролируется коэффициентами расхода.

Если подаваемое значение концентрации Cs стабильно, то качество фильтрата также стабильно. Нестабильные фильтраты могут вызвать проблемы в спрысковых насадках.

Типичная концентрация подачи на дисковый фильтр составляет 0,2...1,2 %, а требуемая точность $\pm 0,2$ %.

Если концентрация высока, то используют ValmetSP, в случаях низкого значения концентрации используется ValmetLC.

2.2. Контроль концентрации фильтратов. Фильтраты дискового фильтра используются в бумагоделательной машине или в других подпроцессах. В разных местах используются разные фильтраты. Суперпрозрачные фильтраты используются в линиях жидких отходов и мутного (облачного) фильтрата, например, в спрысках сеточной части.

Концентрация фильтратов не может быть изменена, а только контролируется. За счет мониторинга удобство использования фильтратов возрастает. Датчик концентрации работает также как индикатор отказа фильтра.

Типичная консистенция фильтрата:

- мутный фильтрат 100 – 600 мг/л,
- прозрачный фильтрат 20 – 200 мг/л,
- суперпрозрачный фильтрат 5 – 50 мг/л.

Наилучшие показатели по измерению концентрации фильтратов дает только анализатор ValmetLS.

При оптимальной работе дискового фильтра улучшается работоспособность бумагоделательной машины, качество бумаги и экономия пресной воды.

2.3. Регулирование концентрации на дисковых фильтрах возврата.

Возврат из дискового фильтра разбавляют от 12 до 3 – 4 % концентрации и перекачивают обратно в смесительный бассейн. Поскольку возврат содержит много наполнителей, контроль общей концентрации очень важен.

Стабильный получаемый результат при установке датчиков состоит в том, что улучшается общее управление концентрацией при смешивании в смесительном и машинном бассейне и улучшается качество бумаги соответственно.

Для линии возврата рекомендуется использовать ValmetMCA и в качестве второго варианта ValmetSP с измерительной лопаткой RL.

4. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие приборы служат для измерения концентрации волокнистой суспензии?
2. Зачем применяются роторные (ротационные) датчики?
3. Почему для напорных линий применяются датчики обтекания? Как они работают?
4. Чем отличаются приборы для измерения низких концентраций от высоких?
5. Объясните принцип действия прибора инфракрасного излучения для измерения концентрации бумажной массы.
6. Поясните, как работают современные датчики концентрации лопаточного типа Valmet blade.
7. В чем особенность работы ротационных датчиков концентрации Valmet Rotary?
8. Каков принцип работы микроволновых датчиков концентрации Valmet MSA?
9. Для каких целей применяются оптические датчики концентрации?
10. Для чего требуется калибровка датчиков концентрации?
11. Что принимают во внимание при выборе датчиков концентрации?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

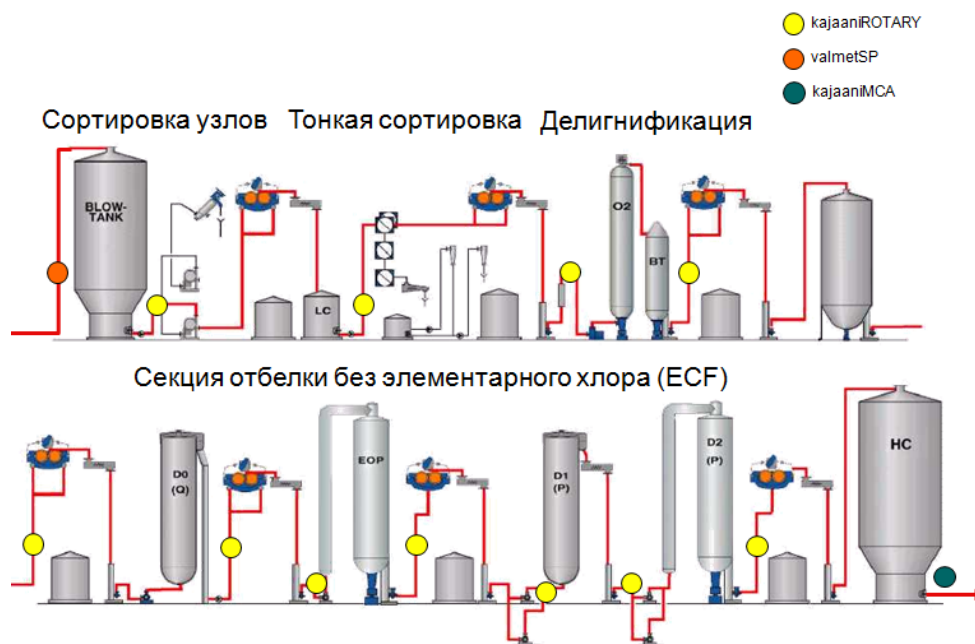
Глубокие знания специалистов-автоматчиков, механиков и других смежных профессий с датчиками (преобразователями) концентрации является одним из важных условий их компетентности в вопросах работы с со специальными измерительными устройствами ЦБП. Понимание основных принципов работы датчиков концентрации, особенностей их конструкций, возможностей по достижению точности и предоставления измерительной информации, знание особенностей их выбора для конкретных участков производства предоставляет специалистам возможности обеспечения роста эффективности производства, снижения флуктуаций точности, повышения эффективности использования сырья и значительного снижения брака.

ПРИЛОЖЕНИЕ

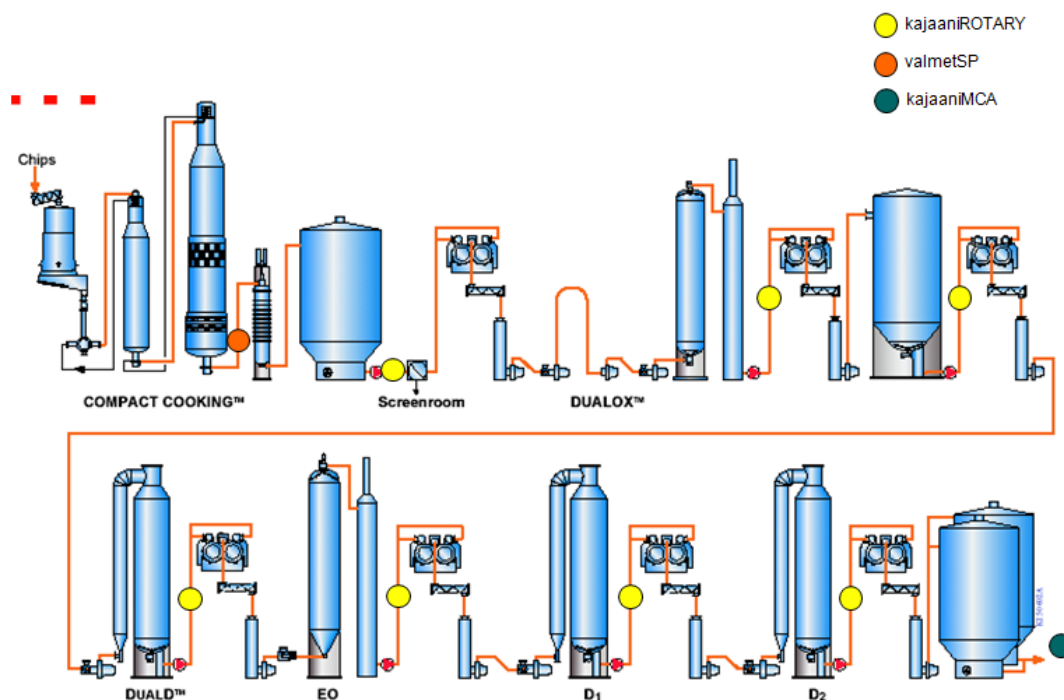
ТИПИЧНЫЕ ПРИМЕРЫ УСТАНОВКИ ДАТЧИКОВ КОНЦЕНТРАЦИИ

1. Установка на целлюлозных линиях

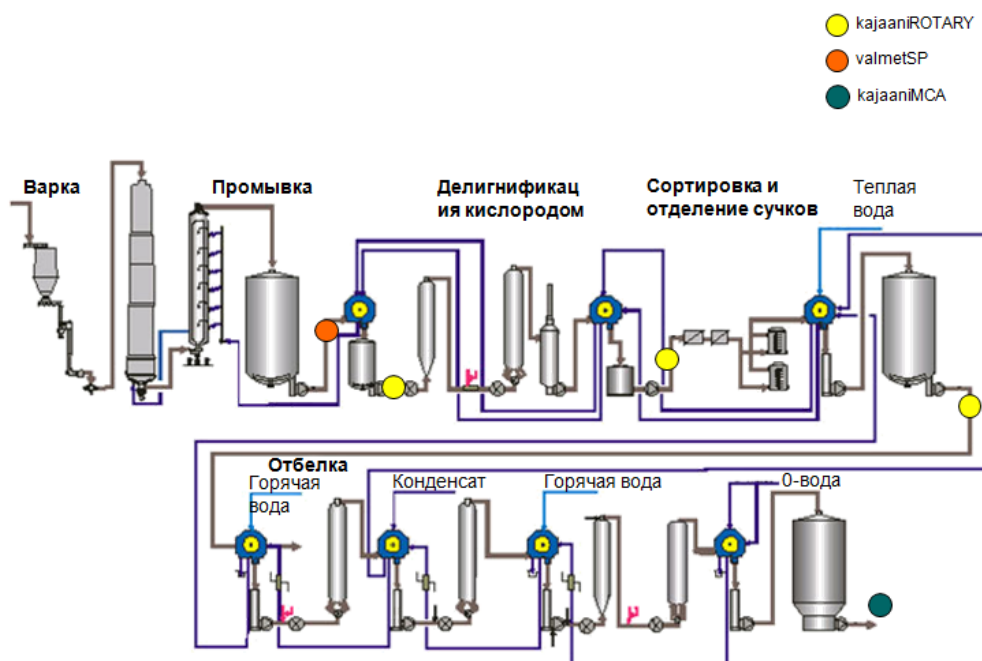
1.1. Целлюлозная линия Метсо



1.2. Целлюлозная линия Квернер

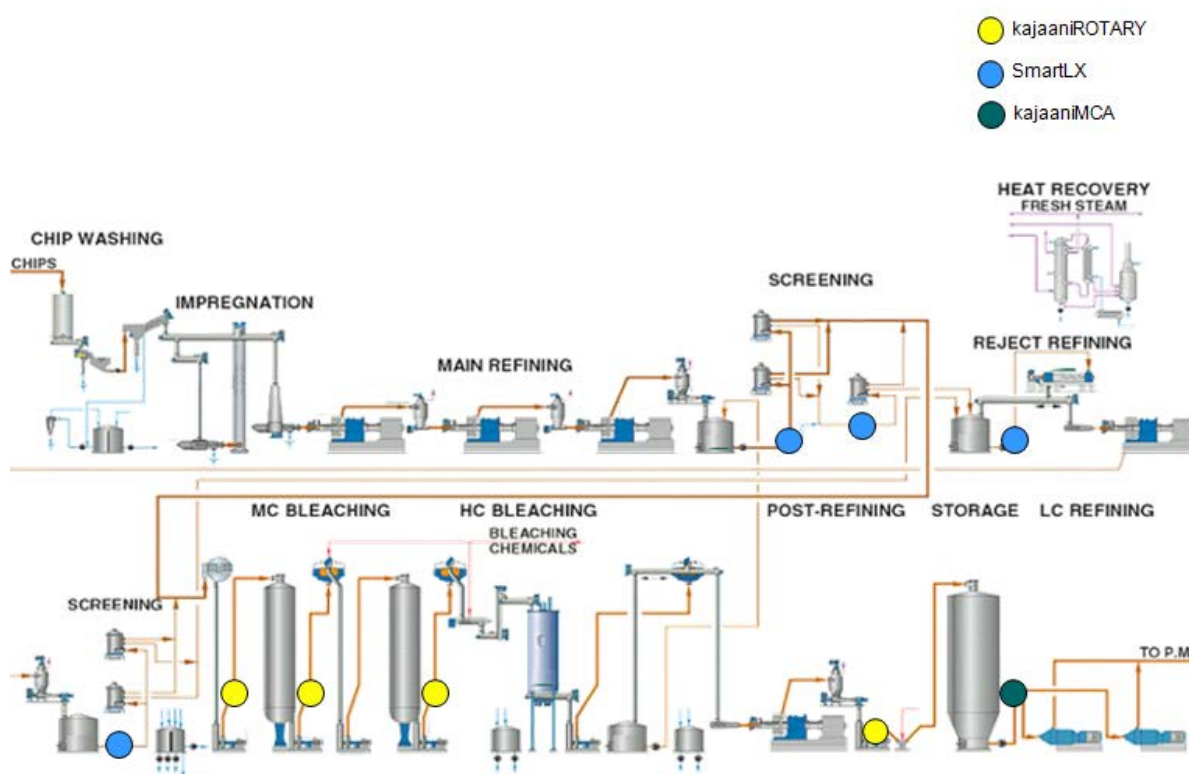


1.3. Целлюлозная линия Андритц



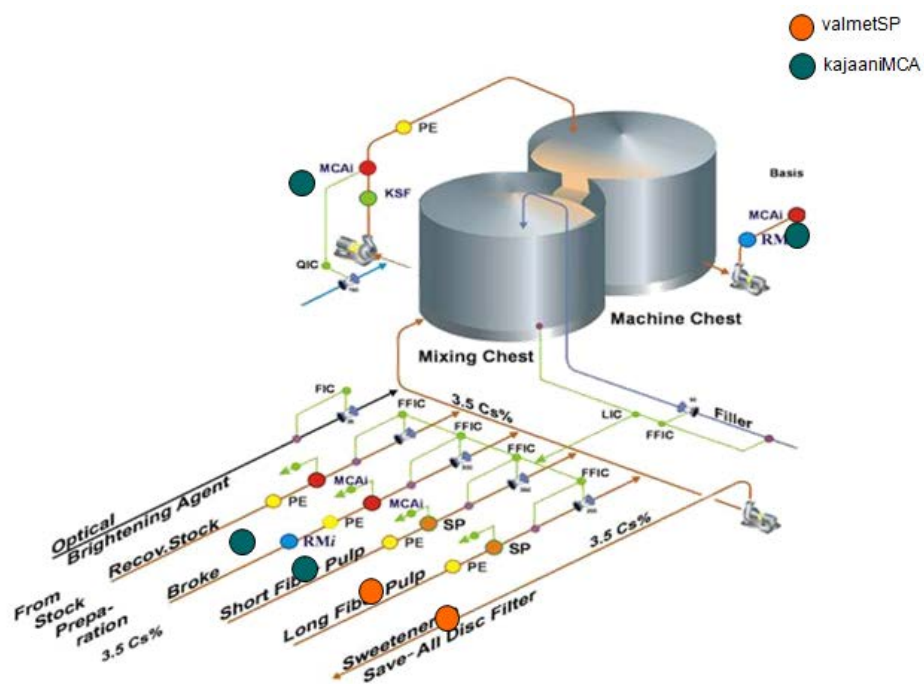
2. Установка на линиях древесной массы

2.1. Механическая масса



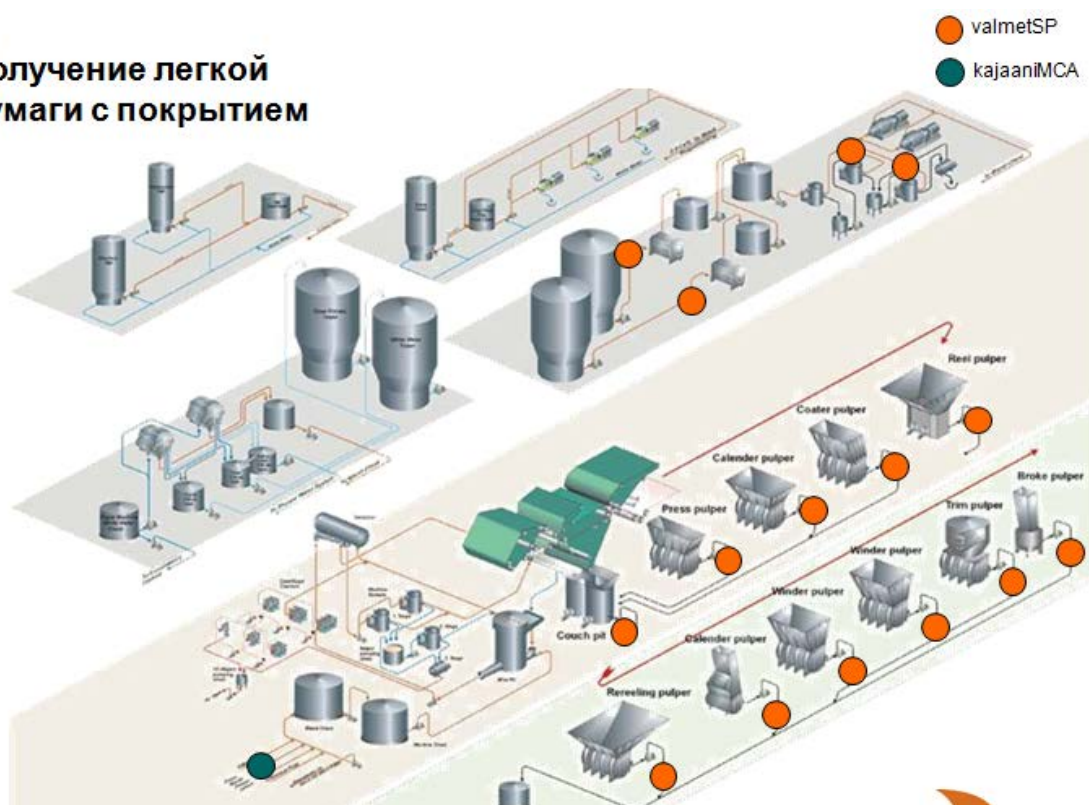
3. Установка на бумагоделательном производстве

3.1. Участок подготовки композиции

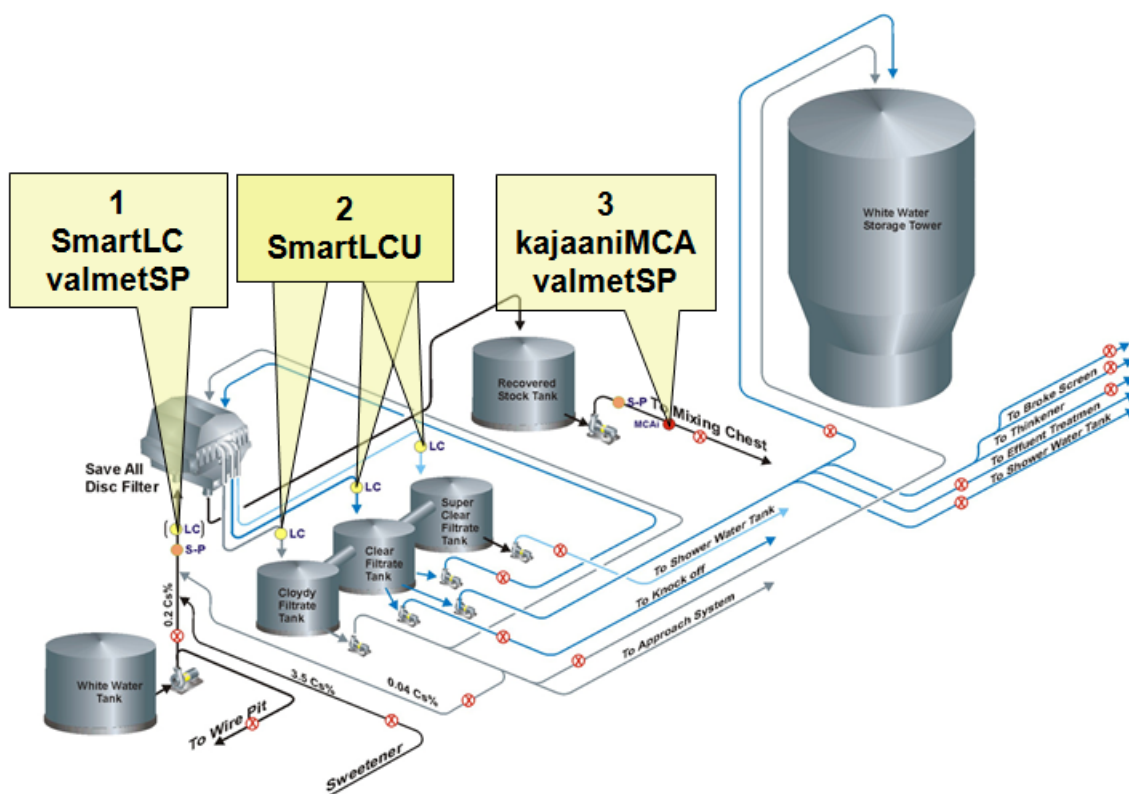


3.2. Обработка брака

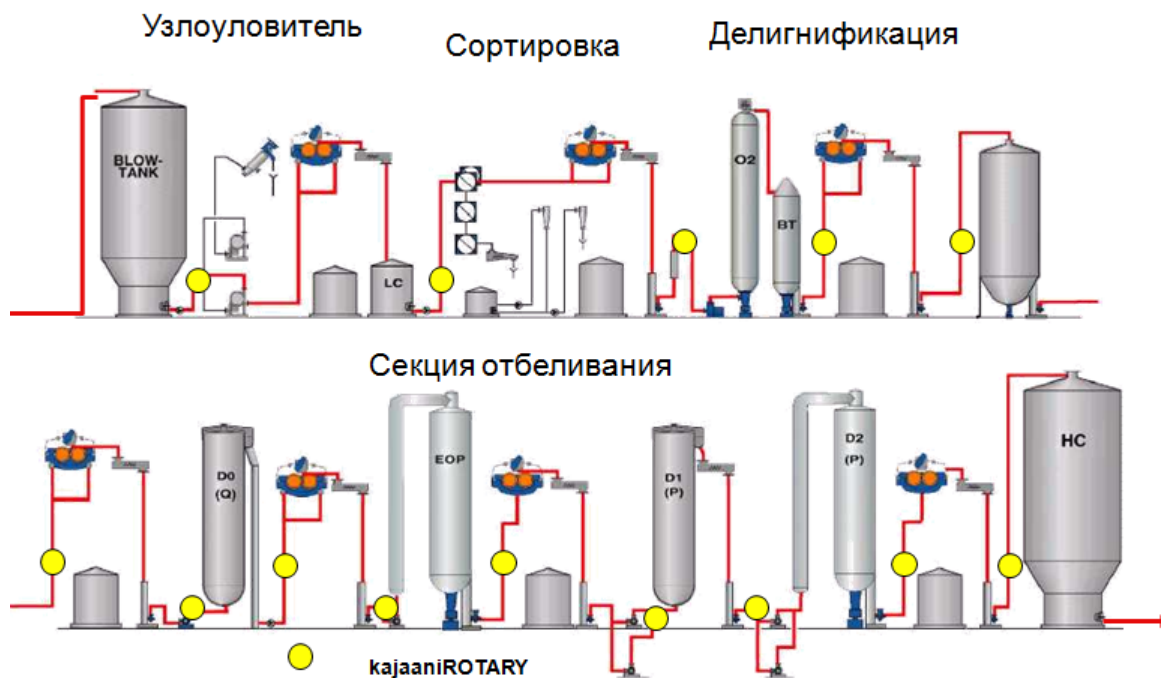
Получение легкой бумаги с покрытием



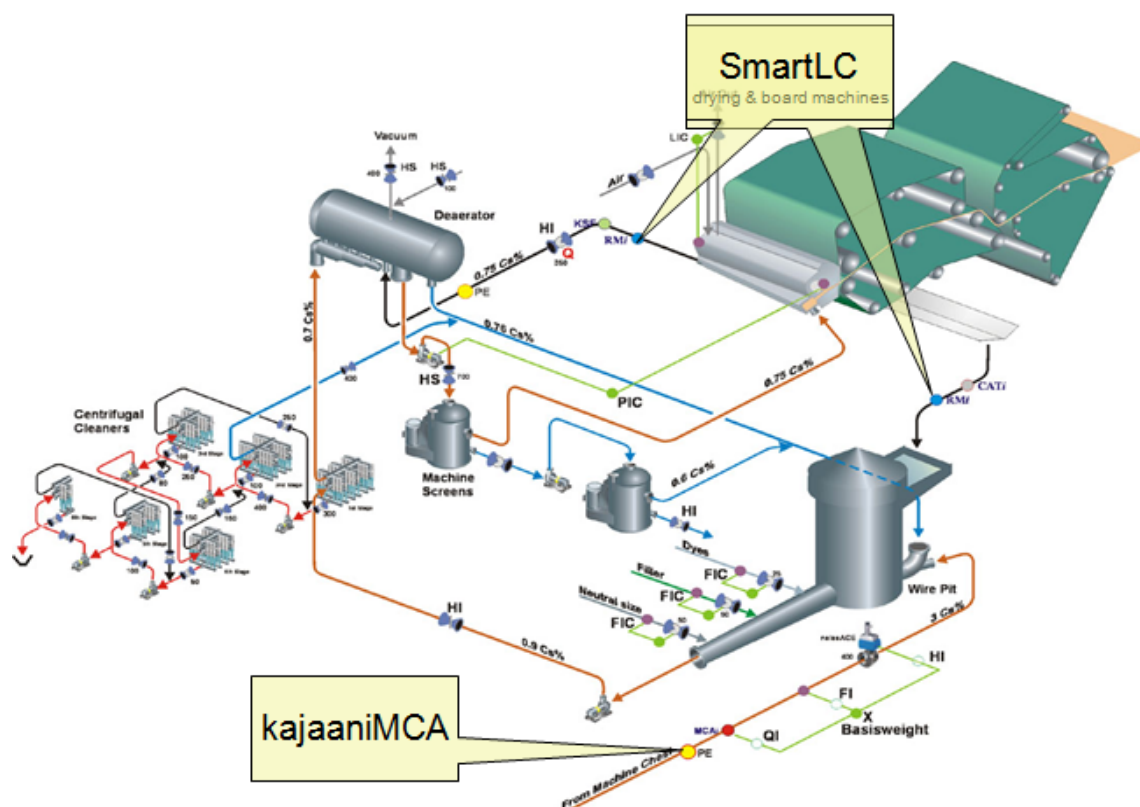
3.3. Осветленная вода



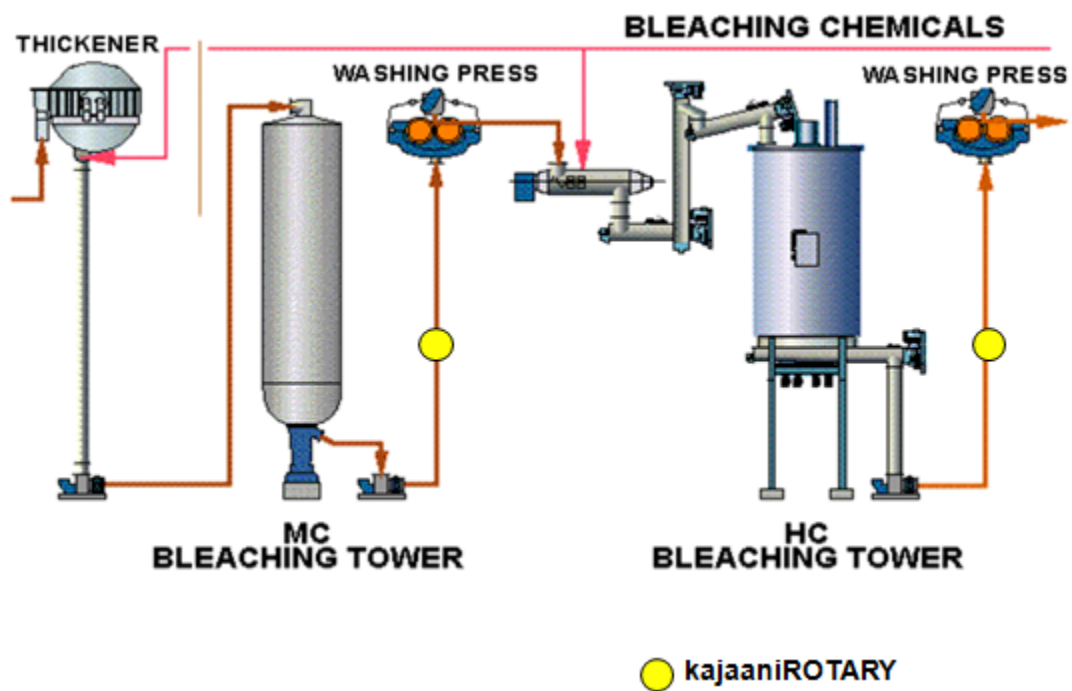
3.4. Линия отбелки



3.5. Короткая циркуляция



3.6. Линия отбелки при изготовлении механической массы



СЛОВАРЬ АНГЛОЯЗЫЧНЫХ ТЕРМИНОВ

Approach system – линия (система) облагораживания (массы)

Ash – зола, зольность

Blade Consistency Transmitter – лопаточный датчик концентрации

Birch – береза

Bleaching – отбелка

Brightening agent – осветляющая добавка

Broke – оборотный брак

Calibration – калибровка

Centrifugal cleaners – центриклинеры

Chemicals – химикаты

Chip washing – промывка щепы

Cleaning – очистка (массы)

Conductivity – проводимость

Configuration – конфигурация

Cs – концентрация (обозначение)

Current – ток

Diagnostics – диагностика

Disc filter – дисковый фильтр

Dispersion – диспергирование (массы)

Dump tower – массный бассейн

Error – ошибка

Eucalyptus – эвкалипт

Fiber – волокно

Filtrate tank – емкость фильтратов

Flow – поток, расход

Flushing water – промывочная вода

Force – сила (сдвига)

Fractionation – фракционирование массы

Fresh water – подпиточная (свежая) вода

Groundwood – древесная масса

Headbox – напорный ящик

Impregnation – пропитка

Kraft pulp – крафт целлюлоза

Laboratory – лаборатория (лабораторные испытания)

Machine screen – машинная сортировка

Mechanical pulp – механическая масса

Measurement Advisor – программа установки датчиков концентрации

Microwave Consistency Transmitter – микроволновый датчик (преобразователь) концентрации

Mixing chest – смесительный бассейн

Plug flow – пробковое течение

Pneumatic actuator – пневмопривод

Process pipe – технологический трубопровод (труба)

Pulping – гидроразбивание, разволокнение массы

Pulp sample – проба массы

Pulp type – вид целлюлозы

Recipe – рецептура

Recovered stock – вторичное волокно (масса)

Refining – размол

Reject – отходы

Rotating Consistency Transmitter – ротационный датчик (преобразователь) концентрации

Safe all – сгуститель

Sample history – архив образцов

Screening – сортировка (массы)

Sensing element – чувствительный элемент

Sensor cable – кабель датчика

Sensor values – показания диагностики сенсоров

Special functions – специальные функции

Steam – пар

Stock preparation – подготовка массы

Temperature – температура

Thickening – сгущение (массы)

Thickener – сгуститель

Velocity – скорость (потока)

Water layer – водяной слой

Washing press – промывочный пресс

White water tank – бассейн осветленной воды

Unbleached pine – небеленая хвойное (волокно)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буйлов, Г. П. Автоматика и автоматизация производственных процессов целлюлозно-бумажного производства [Текст]: учебно-методическое пособие по курсовому проектированию / Г. П. Буйлов; М-во науки и высшего образования РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2019. – 100 с.: ил.32, табл.2. - ISBN 978-5-91646-176-3. [Электронный ресурс] – URL: <http://nizrp.narod.ru/metod/kafavttexpr/1569509124.pdf>
2. Буйлов, Г. П. Автоматизация оборудования целлюлозно-бумажного производства [Текст]: учебное пособие по дипломному проектированию / Г. П. Буйлов. – 2-е изд., испр.; М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП, 2013. – 167 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://nizrp.narod.ru/avtoborudov2013.htm>
3. Ахмедов, Б. М. Установление показателей качества продукции и технологических параметров и норм точности их измерения [Текст]: учебное пособие / Б. М. Ахмедов, А. А. Бегунов, Г. А. Кондрашкова; под общ. ред. А. А. Бегунова; М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП, 2008. – 85 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.nizrp.narod.ru/ustpokazkach.htm>
4. Valmet consistency tutorial. Брошюра. [Электронный ресурс] – URL: <https://measurementadvisor.valmet.com/assets/docs/Consistency%20Tutorial%20-%20Valmet%20SP.pdf>
5. Valmet consistency solutions. Брошюра. [Электронный ресурс] – URL: <https://measurementadvisor.valmet.com/assets/docs/Valmet%20consistency%20solutions%20portfolio.pdf>
6. Valmet optical solution measurement. Брошюра. [Электронный ресурс] – URL: <https://measurementadvisor.valmet.com/assets/docs/Valmet%20Optical%20Consistency%20Measurement.pdf>
7. Valmet microwave measurement. Брошюра. [Электронный ресурс] – URL: <https://measurementadvisor.valmet.com/assets/docs/Valmet%20Microwave%20Consistency%20Measurement%20Brochure.pdf>
8. Valmet Blade Consistency Measurement. Брошюра. [Электронный ресурс] – URL: <https://measurementadvisor.valmet.com/assets/docs/Valmet%20Blade%20Consistency%20Measurement.pdf>
9. Valmet Rotating Consistency Transmitter. Брошюра. [Электронный ресурс] – URL: <https://measurementadvisor.valmet.com/assets/docs/Valmet%20Rotating%20Consistency%20Transmitter.pdf>
10. Valmet Optical Low Consistency Transmitter. Брошюра. [Электронный ресурс] – URL: <https://measurementadvisor.valmet.com/assets/docs/Valmet%20Optical%20Low%20Consistency%20Transmitter.pdf>
11. Valmet measurement advisor. Брошюра. [Электронный ресурс] – URL: https://measurementadvisor.valmet.com/general?_ga=2.147546997.376371040.1631722459-1681271100.1631722459.

Учебное издание

**Горобченко Станислав Львович
Ковалёв Дмитрий Александрович**

Буйлов Герман Павлович

Автоматика и автоматизация производственных процессов целлюлозно-бумажного производства

Специальные средства измерений Valmet

Часть 1

Редактор и корректор А. А. Чернышева
Техн. редактор Д. А. Романова

Учебное электронное издание сетевого распространения

Системные требования:
электронное устройство с программным обеспечением
для воспроизведения файлов формата PDF

Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016, по паролю.
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 08.02.2022 г. Рег.№ 5244/21

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.