ضوابط طراحي مرحله گندزدايي آب و فاضلاب با پرتو فرابنفش

فروغ واعظي[1*] حسن پيشرفتي[٢]

چكيده :

تعداد كثيري از تصفيه خانه هاي آب و فاضلاب با ظرفيتهاي مختلف، در اتحاديه اروپا و آمريكاي شمالي پرتوتابي با فرابنفش را به عنوان مرحله اصلي گندزدايي انتخاب نموده اند و به نظر مي رسد روند رو به افزايش كاربرد اين روش منحصر به فرد با كسب تجارب حاصله و همچنين اثبات مزيت های آن در برابر روش هاي شيميايي گندزدايي كماكان به عنوان يك فن آوري برتر ادامه داشته باشد. از آنجاكه پرتو تابي فرابنفش تنها روشي است كه در زمان حاضر ادعا مي شود هيچ گونه مشكلي را از لحاظ سلامت كاربران ، مصرف كننده و محيط زيست ندارد و حتي در حالت اوردوز پرتو موجب تنزل كيفيت آب و فاضلاب نمی شود ، آشنايي با روش صحيح طراحي مرحله گندزدايي با UV جهت تامين اهداف مختلف از تصفيه آب و پساب براي مسئوولين تصفيه خانه ها ضروري خواهد بود.

رهنمودهاي اخير طراحي در اين زمينه بر اساس تست نمودن سيستم فرابنفش تحت بارهاي هيدروليكي مختلف (بر حسب ليتر بر دقيقه براي هر لامپ UV) مي باشد تا در نهايت بتوان آن بار هيدروليكي را كه مطابق با تحويل ميزان دوز ميكرب كشی مورد تقاضا باشد ، جهت طراحي سيستم انتخاب نمود. ساير فاكتورهاي طراحي مشتمل بر كيفيت آب ، ويژگي لامپها و پوششهاي كوارتزي به كار گرفته شده مي باشد. در روش جديد فرض مي شود كاهش به ده لامپ بر اثر گذشت زمان تا ٥٠% است و شدت نور اسمي لامپها نيز حداكثر ٢٠% بر اثر كثيف شدن پوششهاي كوارتزي كاهش مي يابد.

در مقاله حاضر اطلاعات مورد نياز كه مي بايد با انجام تست پايلوت در محل تصفيه خانه جمع‌آوري شود و نحوه استفاده از آنها در طراحي تشريح شده است . مزيت روش توصيه شده اين است كه نوسانات مهمترين پارامترهاي قابل تغيير مدنظر قرار مي گيرد ، ضمن اين كه همزمان مي توان تعداد لامپ هاي مورد نياز را براي يك موقعيت خاص باتوجه به سخت‌ترين مقررات و بدترين شرايط قابل مواجهه محاسبه نمود.

واژه گان كليدي : *پرتو فرابنفش ، طراحي سيستم گندزدايي ، آب ، فاضلاب،دوز ميكرب كشی*

---

* (عهده دار مكاتبات)

١ . گروه مهندسي بهداشت محيط دانشكده بهداشت و انستيتو تحقيقات بهداشتي ، دانشگاه علوم پزشكي و خدمات بهداشتي درماني تهران ، صندوق پستي ٦٤٤٦-١٤١٥٥ ، تهران ، ايران.

٢ . دانشجوي كارشناسي ارشدمهندسي بهداشت محيط ، دانشگاه علوم پزشكي و خدمات بهداشتي درماني تهران

مقدمه :

خصوصیات ضد میکروبي تابشهاي قابل انتشار از لامپهاي فرابنفش از ابتداي قرن بیستم آشکار گردید و در واقع تاریخچه استفاده از پرتو فرابنفش (UVR) Ultraviolet Radiation به اوایل قرن گذشته بر مي گردد (AWWA) 1999 . اما رواج عمل در گندزدايي فاضلاب کمتر از چهل سال است و باید گفت گسترش روش در تصفیه آب نیز عمدتا بعد از مشخص شدن مخاطرات فرآورده هاي جانبي کلر زني و نا کار آمد بودن کلر در غیر فعال سازي کیست تك یاخته ها در دوزهاي متعارف مي باشد (Protasowicki 2001) Parmelee -2002. در اینجا جالب است گفته شود در سالهاي اخیر انواعي از لامپهاي UV ساخته شده است که در اندازه بسیار کوچك خود داراي قدرت عظیم تشعشع تابش حدود بیست هزار برابر شدت نور آفتاب در سطح دریا هستند (Metcalf 2003). در زمان حاضر مدارك مختلف دلالتگر این مطلب شده است کهUV رقیبي اساسي براي کلر مي باشد و بطور کلي یك فن آوري برتر براي انجام گندزدايي آب و فاضلاب محسوب مي شود (Cairns 2000) .

تعداد کثیري از تصفیه خانه هاي آب و فاضلاب به منظور انجام موثر تر و سالمتر مرحله گندزدايي ، UV را جایگزین کلر نموده اند. متوسط دبي طرح تصفیه خانه هاي آب (براي بیش از ۲۰۰۰ مورد در اروپا و ۱۰۰۰ مورد در آمریکا از ۱۷ گالن در دقیقه تا رقم عظیم ۲٦ میلیون گالن در روز گزارش شده است و در نظر است بزرگترین واحد گندزدایی با UV برای تصفیه آب ۹ میلیون نفر از اهالی نیویورک تا سال ۲۰۰۹ آماده بهره برداری شود. این تصفیه خانه با ظرفیت 2 bgd درزمره بزرگترین واحدهای تصفیه آب آشامیدنی در جهان محسوب می شود و آب فیلتر نشده را پرتو تابی می کند. در تصفیه فاضلاب تعداد تاسیساتي که از کلرزني به UV شیفت نموده اند تنها در ایالت متحده آمریکا از ۵۰۰ افزون شده است . متوسط ظرفیت طراحي در کشور مزبور ۲۰ میلیون گالن درروز مي باشد

(Masschelein , 2002 - Oppenlander, 2003 –J.AWWA Consultants 2003)

دلایلی که در اعلام مقبولیت گندزدایی فاضلاب با UV ذکر می شود متعدد است و بسیاری از تصفیه خانه ها انتخاب UV را به سایر روشها ترجیح می دهند (واعظی ۱۳۷۴).

UV در مقایسه با سایر روش ها ، UV بر علیه انواع پاتوژن ها :

ضرورت رعایت رهنمودهاي اخیر جهت تحقق اهداف مختلف از تصفیه آب و فاضلاب موجب شده است که UV در برابر سایر روشهاي گندزدايي توجه بر انگیزتر گردد چون تنها روش فیزیکي مهمي است که براي به کارگیري در تصفیه خانه ها مي تواند مطرح باشد (Swift et al , 2002) . در پایان قرن گذشته مشخص گردید که دوز لازم پرتو براي مقابله با ژیاردیا و کریپتوسپوریدیم کمتر از مقادیر لازمه براي نابود سازي برخي ویروسها و اساسا بسیار کمتر از مقادیري است که در دهه گذشته اعلام شده بود. با اثبات این قضیه که این ارگانیسمهاي مقاوم در برابر مواد شیمیایي گندزدا در

برابر کمترین میزان پرتـو UV از پـا در مـي آینـد برتـري UV آشـكار گرديـد (Cairns 2000-Clancy 2004) . جـدول ۱ دوز لازم از پرتـو را بـراي غيـر فعـال سـازي پاتوژنهـاي مهـم موجـود در فاضـلاب، در مقايسـه باساير روشهاي مهم گندزدايي نشان مي دهـد. بـه منظـور نتيجـه گيـري نهـايي از ايـن مقايسـه جمـلات زيـر نقـل مي شود (Stedman2004) :

نـور فـرابنفش بـرای گنـدزدايی آب و فاضـلاب مـی درخشد . اولتـرا ويولولـه د رعمـل كنتـرل پاتوژنهـا اولتـرا افكتيو (فوق العاده موثر) است و يـک فـن آوری مـورد نياز برای غالب برنامه های گندزدايی محسوب می شود.

فن آوريهاي متداول پرتوتابي بـا UV و واحـدهاي تماس :

فن آوريهاي رايج زمان حاضر را مي توان بـر حسـب نـوع لامـپ انتخـاب شـده بـه دو سيسـتم كـم فشـار و فشارمتوسط (فشار بخـارجيوه درون لامـپ) تقسـيم بنـدي نمود. در هر دو نوع كه لامپهاي جيوه – آرگون محسوب مي شوند تابش مطلوب در ناحيه UV-C ايجاد مي شود. البته انواع با فشار متوسط كه فشار جيوه درون آنهـا بيشـتر است پلي كروماتيك هستند و امواج ديگر نيز ساطع مـي كنند. انواع كم فشار نيز داراي دو نوع با شدت تابش كـم و شدت زياد مي باشند. انواع با فشار و شدت كم قـديمي ترين و رايج ترين لامـپ هسـتند امـا بايـد گفـت كـارايي لامپ با شدت زياد بيشتر است و كاربرد لامپهاي بـا فشـار متوسط نيز در شـرايطي كـه كـدورت يـا دبـی آب مـورد تصـفيه زيـاد باشـد (بـيش از ۳ mgd) وهمچنـين بـراي گندزدايي فاضـلابهاي بـادبي زيـاد و سـيلابها منطقـي تـر مي باشـد زيراتعـداد لامپهـاي لازم گـاه تـا كمتـر از يـك بيستم تعداد لازمه از انواع كـم فشـار – كـم شـدت قابـل تقليل خواهـد بـود. بـراي پرتوتـابي آب بـه هـر دو شـكل تماسي و غير تماسي مي تـوان عمـل نمـود. مسـلما انتقـال پرتو در شرايطي كه سيستم غوطه ور به كـار گرفتـه شـود كـاملتر و تعـداد لامپهـاي لازم كمتـر خواهـد بـود. در سيستمهاي اخير لامپها را در پوشـش كـوارتزي قـرار مـي دهند تا سرد نشوند. قطر اين پوشش ها فقط كمي بيشتر از قطـر لامـپ مـي باشـد (۱۹۹۸ و AWWA,1999- Asano).

تعريف دوز UV : كـارايي گنـدزدايي بـا UV بـر اسـاس ميزانـي از پرتـو اسـت كـه ميكروارگانيسـمها در معرض آن قرار مـي گيرنـد. دوز UV بـر حسـب انـرژي پرتو در واحد سطح بيان مي شود و حاصل ضـرب شـدت پرتو (بر حسب ميلي وات بـر سـانتي متـر مربـع) در زمـان تماس (بر حسب ثانيه) است ، لذا مي توان با تغييـر شـدت نور يا تغيير زمان تماس آنرا كم و زياد نمـود. ضـمن ايـن كه بايد توجـه داشـت UV در شـرايط صـحيح از لحـاظ طراحي، عمـل گنـدزدايي را در كمتـر از يـک دقيقـه بـه كمـال مـي رسـاند و بيشـتر كـردن زمـان تمـاس معمـولا سودبخش نخواهد بود (Metcalf, 2003) .

طراحي سيستم گندزدايي بـا UV شـامل سـه مرحله اساسی ذيل می باشد:

الف- تعيين دوز UV : روش رايج در تعيـين دوز مورد نياز پرتو جهت تامين غلظت ميكربی دلخواه در آب

مـورد نظـر بـر مبنـاي انجـام سـنجش زيسـتي در مقــياس آزمايشـگاهي مي باشد، در اين روش اطلاعات مورد نيـاز طراحي معروف به اطلاعات: دوزهـاي وارده - پاسـخهاي حاصله بر اساس نتايجي كه از انجام تستهاي آزمايشگاهي موسوم به Collimated beam bioassay بـه دسـت مي آيد، جمع آوري مي گردد. اين تستها را با اسـتفاده از دستگاه كوچكي نظير آنچـه در شـكل ۱ نشـان داده شـده انجام مـي دهنـد و طـي آن بـه نمونـه هـاي بـا حجـم كـم (حدود ۱۰۰ml) از آب مورد نظـر مـدت معينـي تشعشـع مي دهنـد (مـثلا بـراي پسـاب در نظـر گرفتـه شـده بـراي مصارف نامحدود اين ميـزان معمـولا از ۲۰ تـا ۱۵۰ ميلـي وات ثانيه بر سانتي متر مربع است). منبع تابش بايد از نـوع كم فشار – كم شدت انتخاب شود. سپس متوسط شـدت تابش وارده به نمونه آب درون پتري طبق قـانون Beer و با در اختيار داشتن شدت تابش در سـطح پتـري (خوانـده شده به كمك راديومتر) قابل محاسبه است :

(۱)

$$I_{ave} = I_o \frac{(1-10^{-ad})}{ad}$$

I_{ave} , I_o = به ترتيب شدت متوسط تابش درنمونه و شدت تابش در سطح آب يا پساب بـر حسـب ميلـي وات بر سانتي مترمربع

d = عمق آب در ظرف پتري بر حسب سانتي متر

a = رقم جـذب نـور (۲۵۴ نـانومتر) نمونـه آب مـورد نظر در واحد طول (سانتيمتر).

مسلما هر چه نمونه آب مـورد تصـفيه تيـره تـر باشـد دوز UV بيشـتري بـراي گنـدزدايي موفـق لازم خواهـد داشت . در هر صورت براي آب فيلتر نشده، درصد عبور نور (T%) كه با رقم a ارتبـاط لگـاريتمي معكـوس دارد نبايد از ۴۰% كمتر باشد . بدين ترتيب با انجـام ايـن تسـت در شرايطي مشابه با واقعيت دوز لازم پرتو بـراي حصـول سطح غير فعـال سـازي كـافي از پـاتوژن مـورد نظـر قابـل برآورد خواهد بود.

Emerick et al , 2003 – Metcalf,2003)- واعظى ، ۱۳۷۶).

در طراحي سيستمهاي گندزدايي آب با مواد شيميايي دوز طراحي را حدغير فعال سازي كيستهاي ژيارديا معين مي سازد ، چرا كه اين تك ياخته ها در برابـر كلـر مقـاوم تـر از ويروسـها هسـتند. امـا بـراي UV روتـاويروس هـا ارگانيسم هدف مناسب محسوب مـي شـوند چـون مقـاوم ترين معرفي شده اند (Cairns 2000) .در موردتصـفيه خانه هاي فاضلاب انتخاب دوز طراحي مي بايد بـا توجـه به نوع و تعداد مراحل پيش تصفيه و اهداف تصفيه باشـد. به عنوان مثال براي آن گروه از تصـفيه خانـه هـا كـه لازم شود باز چرخش پساب جهت مصارف نامحدود بـه اجـرا در آيد (گروه A از رهنمودهاي WHO) دوز مورد نيـاز در شرايطي كه از فيلتراسيون با بستر شن ، غشا و يـا اسـمز معكـوس اسـتفاده گـردد بترتيـب معـادل ۱۰۰ ، ۸۰ و ۵۰ ميلي وات ثانيه بر سانتي متر مربع خواهـد بـود(جـدول ۲) زيرا اين ارقام تامين كننده پنج لگاريتم كـاهش در تعـداد پلي ويروسها مي باشند كه با توجـه بـه تعـداد پاتوژنهـا در پساب اوليه و با احتساب فوتوری اكتيواسيون كفايت مـي

كند (هر لگاريتم غير فعال سازي معادل است با يك كاهش ده برابري در تعداد پاتوژن مورد نظر ، لذا ۵ لگاريتم معادل۹۹/۹۹۹ %كاهش تعداد خواهد بود). در عمل تست Collimated beam را مي توان براي تامين يك غلظت دلخواه از توتال كليفرمها كه معادل با حدود مقرر شود ،به انجام رساند. توصيه شده است اطلاعات حاصله از اين بررسي ترجيحا در بر گيرنده يك سال پايش مستمر تصفيه خانه مورد نظر باشد. و در انجام محاسبات در مواقعی كه انطباق با مقادير مقرر شده برای تخليه پساب به محيط بر حسب ارقام ميانه ۳۰ روزه (۲/۲، ۲۳ و ۱۰۰۰ توتال كليفرم در ml ۱۰۰) مورد نظر باشد دست كم حدود اطمينان ۷۵% تعيين گردد (Asano 1998- Metcalf 2003) .

ب - كنترل اعتبار عملكرد سيستم تحت دوز مشخص شده :

پيش از راه اندازی سيستم UV و به منظور اثبات روش كار ضروري است كه اعتبار سيستم مورد ارزيابي قرار گيرد. بدين لحاظ تصفيه خانه ها ملزم به انجام آزموني در سطح پايلوت مي باشند كه معروف به تست تعيين اعتبار (validation testing) مي باشد. اين تست مبتني بر تعيين كمي غير فعال سازي يك ارگانيسم شاخص (يك انديكاتور ويروس نظير كليفاژ MS_2) اين بار بر حسب تابعي ازدبي جريان مورد گندزدايي (تحت دوز UV مشخص شده در تست آزمايشگاهي قبلي) مي باشد. غلظت ويروسی كه به جريان تزريق مي شود بايد آنقدر باشد كه بعد از پرتو تابي باقي مانده قابل اندازه گيري در آب وجود داشته باشد. چون در اجراي اين تست دبي جريان با توجه به تعداد لامپهاي انتخاب شده براي برپايي پايلوت قابل تغيير است لذا مي توان طراحي را بر مبناي ميزان بار هيدروليكي (بر حسب ليتر در دقيقه براي هر لامپ در هر مجموعه از لامپها) به انجام رساند. نتايج اين تست تصفيه خانه ها را از اعتماد صرف به ادعاي سازندگان لامپها بي نياز كرده و آنها را قادر مي سازد تا سيستمهاي UV مختلف را مقايسه و انتخاب بهتر را انجام دهند و البته معمول چنين است كه دامنه اي از ميزان جريان (ليتر در دقيقه) كه سازنده لامپ آن را براي هر لامپ خاص قابل گندزدايي معرفي مي كند براي شروع بررسي در سطح پايلوت انتخاب نمايند. يك آزمون تعيين اعتبارشامل مراحل ذيل خواهد بود.

(Emerick etal , 2003 – Metcalf 2003):

۱- انتخاب آرايش اوليه ای از لامپها براي سيستم پايلوت

۲- آزمودن عملكرد هيدروليكي سيستم، چنانچه آزمون براي واحدي كوچكتر از كاربردهاي در مقياس صنعتي اجرا مي شود.

۳- تعيين رقم بحراني براي سيستم : ارزيابي كار سيستم تحت رقم حداقل از دامنه مشخص شده از عملكرد سيستم بدين ترتيب صورت مي گيرد كه با انجام دو آزمون پی در پی شرايط عملكردي كه منجر به قرائتي با كمترين دوز UV باشد تعيين می شود. تعيين اين رقم بحراني ابتدا با پايين كشيدن درصد عبور نور نمونه آب تا كمترين رقم قابل انتظار (با توجه به نحوه عملكرد مراحل پيش تصفيه از يك تصفيه خانه خاص) از طريق افزايش

تعمدي يك ماده جاذب نور UV (مثل چايي) در حالتي كه لامپها تحت بازده كامل عمل مي كنند، (يعني براي لامپها و پوششهاي كوارتزي نو و تميز) صورت مى گيرد و سپس با كم كردن بازده نور لامپها در حالتي كه درصد عبورنوركامل براي نمونه خاص آب مورد گندزدايي برقرار باشد، امكان پذير مي گردد. دو روش مقايسه مي شوند و روشي كه منجر به كمترين غير فعال سازي MS_2 است به عنوان فاكتور محدود كننده طراحي انتخاب و در آزمون پايلوت استفاده مي گردد.لازم به ذكر است كه در رهنمودهاي مربوط به اين بخش از آزمون ، حد معمولي از نواقص از لحاظ نظافت كار ، سرد شدن ، مسائل الكتريكي و غيره مورد قبول مي باشد و جهت شبيه سازي عملكرد لامپهاي UV در انتهاي زمان ضمانت ، فاكتورهاي ايمني حداقل توصيه شده در رهنمودهاي اخير طراحي ۰/۵ براي كهنه شدن و ۰/۸ براي كثيف شدن پوششهاي كوارتزي اعلام شده است.

۴- تعيين مشخصات كمي غير فعال سازي بر حسب تابعي از ميزان بار هيدروليكي مربوط به هر مجموعه از لامپ هاي UV.

۵- انجام هم زمان تست Collimated beam براي نمونه آب مورد نظر اين بار به منظور تعيين غير فعال سازي انديكاتور ويروسي بر حسب تابعي از دوز UV وارد شده .

۶- بازرسي صحت اطلاعات به دست آمده از تست Collimated beam از طريق كنترل ارقام جمع آوري شده كه مي بايد در دامنه مشخص شده در رهنمود طراحي قرار گيرد . اين دامنه معين بوسيله دو معادله زير مشخص مي گردد :

(۲)

$$Log_{10}=(N/N_o)=0.0400[UV_{dose}, mJ/cm^2]+0.64$$

(۳)

$$Log_{10}=(N/N_o)=0.0333[UV_{dose}, mJ/cm^2]+0.20$$

معادله (۲) معادل با حصول پنج لگاريتم و معادله (۳) با سه لگاريتم غير فعال سازي و كاهش در تعداد انديكاتورويروسى مي باشد (نمايش گرافيكي دومعادله فوق در شكل ۲ قابل ملاحظه است).

۷- اختصاص دادن دوزهاي UV حاصله به پايلوت و مشخص كردن دامنه دبي هايي (بر حسب ليتر بر دقيقه بر لامپ) ، كه اگر سيستم در آن دامنه قرار داده شود از تحويل دوز مورد نظر تحت يك حدود اطمينان كافي مطمئن خواهيم بود. بدين منظور روال كار اين است كه گراف تغييرات ميزان دوز UV قابل تحويل را بر حسب بار هيدروليكي (ليتر بر دقيقه بر لامپ) رسم مي كنند و با در اختيار داشتن گراف حاصله دامنه مجاز از بار هيدروليكي را بدست مي آورند. يك نمونه از اين قبيل گراف ها در شكل ۳ قابل ملاحظه است.

ج- مشخص سازي آرايش بهينه سيستم :

آرايشهاي مجاز در استفاده از لامپهاي كم فشار – كم شدت دو حالت كلي دارد : افقي و به موازات

جريـان، عمـودي و عمـود برجريـان . آرايـش دوم كـم رواجتر است چون مزيت آن صرفا آسانتر خـارج سـازي لامپها از پوششهاي كـوارتزي مـي باشـد. هـدف از تعيـين آرايش بهينه مشخص سازي تعـداد لامپهـا در هـر مـدول، تعداد مدول ها در هر مجموعه (bank)، تعداد مـجموعه ها در هر كانال و تعداد كانال ها (كانالهاي تخليه در مورد خروجي تصفيه خانه هـاي فاضـلاب) مـي باشـد. لازم بـه ذكـر اسـت بـراي سيسـتم غوطـه ور كـه ضـروري اسـت گوشواره هاي لامپها واتريـروف گـردد راه كـار پذيرفتـه شده به هم بستن ۲ ، ۴ ، ۸ ، ۱۲ يا ۱۶ لامپ به طور موازي بـاهم و بـه فواصـل اسـتاندارد ۳ ايـنچ از هـم در يـك چـارچوب واحـد موسـوم بـه مـدول (module) اسـت. سپس مي توان چندين مدول را با در كنار هـم قـرار دادن به يك مجموعه واحـد (bank) كـه در تصـفيه خانـه بـه وسيله ابزار قابل جابجا شدن شود ، تبديل نمـود.درتصـفيه خانه هاي بزرگ يـك مجموعـه از مـدولها ممكـن اسـت حداكثر تا ۱۶۰ لامـپ (يعنـي ۱۰ مـدول ۱۶ تـايي) داشـته باشد.

مجموع تعداد لامپهاي مورد نياز بـا تقسيم رقـم دبـي پيك ساعتي تصفيه خانه بر حجم قابل گندزدايي به وسيله هر لامپ در ساعت تعيين مي شـود. تعـداد معـين شـده را سپس به شكلهاي مختلف مي توان در مجموعه ها تقسيم بندي نمود به نحوي كـه امكـان كـاهش تعـداد كانالهـاي لازم نهايي نيز فراهم باشد. مجموعه هـاى لامپهـا بايـد بـه طور سري پشت سـر هـم در كانالهـا قـرار داده شـوند. بـه هرترتيب بايد مراقبت نمود كه در حالات مختلف از دبي جريان تصفيه خانه (مادام كه حوض متعادل سازي جريان پيش بيني نشده باشد) در هيچ شرايطي ميزان جريان وارده به هر لامپ در واحد زمان از دامنـه مجـاز تعيـين شـده در تست كنترل اعتبار افزون نگردد و همچنـين افـت فشـاري كـه از اسـتقرار مجموعـه هـا ى لامـپ در يـك كانـال مي توانـد در جريـان حاصـل شـود از رقـم ارائـه شـده در رهنمـود طراحـي (حـدود ۵۰ ميلـي متـر) افـزون نشـود. واحـدهای تمـاس بـا UV (نـوع كـم فشـار) بـه شـكل راكتورهای بسته نيز قابل طراحی است كه بـه ويـژه بـرای گند زدايی آب توصيه شـده اسـت چنانچـه دبـی جريـان كمتر از ۶۰۰ گالن در دقيقه باشد گندزدايی فاضـلابها در راكتور بسته نيـز مطلـوب تـر اسـت درتصـفيه خانـه هـای بزرگ آب كه اكثراً از لامپ با فشار متوسط اسـتفاده مـی شودراكتور بسته كماكان قابل توصيه اسـت (Patourel and Smith 2003) دوز پرتو در نظر گرفته شده برای مراحل طراحی تصفيه آب و بهره برداری در حـدود ۴۰ و ۲۰ ميلـی وات ثانيـه بـر سـانتی متـر مربـع در نظـر گرفتـه می شود اين ارقام برای انجام گنـدزدايی اسـت و چنانچـه انجام همزمان اكسيداسيوبعضی از آلاينده های آب نيز در نظـر باشـد دوز بيشـتری بايـد اسـتفاده شـود. (Clancy 2004, Patourel 2003).

نتيجه گيری:

اين مقاله ضرورت برنامه ريزي كافي را جهـت طـرح صـحيح مرحلـه گنـدزدايي بـا UV روشـن مـي سـازد. محاسبه دوز مورد نياز پرتو فرابنفش براي گنـدزدايي آب و پساب به روشهاي صرفا احتمالى و يا صرفا قطعي (غيـر احتمالي) نيز امكان پذير است. ودر اسـتفاده از اين روشها

کار محاسبه تعداد لامپهاي لازم در اغلب موارد بدون نیاز به برپايي پايلوت آسانترمي گردد. اما به علت محدوديتهايي که براي هر کدام ذکر مي شود طرح حاصله عاری از خطا نبوده و اين احتمال نيز همواره وجود دارد که تعداد لامپ تعيين شده طبق اين روشها بسيار بيشتر از حد کفايت مشخص گردد. خط مشي طراحي ذکر شده در مقاله حاضر در مقايسه با روشهاي قديميتر اين مزيت را داراست که براي تمامي موقعيتها (تصفيه خانه های با ظرفيت هاي مختلف) مي تواند پاسخگو باشد، ضمن اين که جواب به دست آمده به علت استفاده از پايلوت به حقيقت نزديکتر خواهد بود.

در آخرين تلاش صورت گرفته جهت انجام طراحی که به نظر می رسد چشم اندازی نوین را برای بی نیاز شدن از تحقيق در سطح پايلوت به وجود آورد از کاربری مدل سازی با یک کامپیوتر در نوع خود برجسته استفاده می شود که شبیه سازی سیکل جریان آب را در یک تصفیه خانه امکان پذیر می نماید. این روش که موسوم به Virtual Plant می باشد برای سیستمهایی که ساده تر قابل مدل شدن هستند (مثلا گندزدایی نهایی آب با کلر) ابعاد دقیق را در اختیار می گذارد. اما کاربرد آن در طراحی پرتو تابی فرابنفش هنوز در مرحله تحقیق قرار دارد (واعظی ، ۱۳۸۰– Stedman -2001)

تشکر و قدردانی :

نویسندگان این مقاله از استاد عالی مقام خود جناب آقای دکتر علیرضا مصداقی نیا ، ریاست محترم دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران به خاطر در اختیار قراردادن منابع علمی و رهنمودهاي ارزشمند سپاسگزاری می نمایند.

جدول ۱ - دوز مورد نياز از گندزدا براي نيل به سطوح مختلف از غير فعال سازي پاتوژنهاي پراكنده در پساب ثانويه فيلتر شده $(T \sim 20^{\circ}C, pH \sim 7)$ **اخذ اطلاعات از Metcalf&Eddy 2003**

گندزدا	ديمانسيون	درصد غير فعال سازي			
		۹۰	۹۹	۹۹/۹	۹۹/۹۹
باكتريها					
كلر آزاد	mg.min/L	۰/۱-۰/۲	۰/۴-۰/۸	۱/۵-۳	۱۰-۱۲
دي اكسيد كلر	mg.min/L	۲-۴	۸-۱۰	۲۰-۳۰	۵۰-۷۰
ازن	mg.min/L	-	۳-۴	-	-
UV*	mJ/cm^2	-	۳۰-۶۰	۶۰-۸۰	۸۰-۱۰۰
ويروسها					
كلر آزاد	mg.min/L	-	۲/۵-۳/۵	۴-۵	۶-۷
دي اكسيد كلر	mg.min/L	-	۲-۴	۶-۱۲	۱۲-۲۰
ازن	mg.min/L	-	۰/۳-۰/۵	۰/۵-۰/۹	۰/۶-۱/۰۱
UV*	mJ/cm^2	-	۲۰-۳۰	۵۰-۶۰	۷۰-۹۰
تك ياخته ها					
كلر آزاد	mg.min/L	۲۰-۳۰	۳۵-۴۵	۷۰-۸۰	-
دي اكسيد كلر	mg.min/L	۷-۹	۱۴-۱۶	۲۰-۲۵	-
ازن	mg.min/L	۰/۲-۰/۴	۰/۵-۰/۹	۰/۷-۱/۴	-
UV*	mJ/cm^2	۵-۱۰	۱۰-۱۵	۱۵-۲۵	-

*دوز UV = شدت پرتو * زمان تماس . واحد دوز ميلي ژول بر سانتيمتر مربع است كه برابر با ميلي وات ثانيه بر سانتيمتر مربع مي باشد

جدول ۲ – مقادير درصد عبور نور ، كدورت و دوز طراحي گندزدايي با UV براي استفاده مجدد از پساب
(Swift et al , 2002)

ویژگی / روش تصفیه	فيتراسيون با بستر شن	فيلتراسيون غشايي	اسمز معكوس
حداقل دوز طراحي تحت دبي حداكثر روزانه	100mWsec/cm^2	80mWsec/cm^2	50mWsec/cm^2
حداكثر كدورت	Requirements vary	0.5 NTU, with 95% of values <0.2 NTU	0.5 NTU, with 95% of values <0.2 NTU
حداقل درصد عبور نور پساب در ۲۵۴nm*	55%	65%	90%

*درصد عبور نور در طول موج ۲۵۴ نانومت در گذر است ۱cm پساب در مقايسه با مقدار عبور نور از طول مسير مشابه از آب مقطر

منابع:

واعظی، فروغ(۱۳۷۳-۷۴) کاربرد پرتو فرابنفش برای گندزدایی فاضلاب و بررسی اثر آن برتخم کرم آسکاریس، پایان نامه دکترای بهداشت محیط – دانشگاه علوم پزشکی تهران.

واعظی، فروغ. مصداقی نیا،علیرضا. ایماندل، کرمت ا ، گلستان، بنفشه (۱۳۷۶) بررسی اثر تغییرات. کیفیت فیزیکی فاضلاب بر نتایج گندزدایی با پرتوفرابنفش، مجله بهداشت ایران سال ۲۶ – شماره ۱ تا ۲.

واعظی فروغ (۱۳۸۰) طرح دقیق تر بدون پایلوت پلنت – مجله آب و فاضلاب – شماره ۳۷ .

Asano T.(1998). Water quality management – Vol 10: Wastewater reclamation and reuse . Technomic Pub. 345 – 380

AWWA (1999) Water quality and treatment . 5 th Ed. Mc Graw-Hill

Cairns W., Wright H.B. (2000) Is UV disinfection the best available technology? *IWA yearbook 2000* – 26 – 28

Masschelein W.J.(2002) Ultraviolet light in water and wastewater sanitation. Lewis pub.

Metcalf & Eddy , Inc (2003) Wastewater engineering , treatment and reuse. 4th Ed. Mc Graw – Hill

Oppenlander T(2003) Photochemical purification of water and air. Wiley. VCH Verlag.

Parmelee M.A. , (2001) UV applications to increase . *JAWWA* Vol – 93 No. 9:56

Patourel G.L., Smith F. (2003) Implementation of primary UV disinfection at the Mannheim water treatment plant : J.AWWA Vol 95 No-10:57-61

Protasowicki R.G. (2002) Ultraviolet disinfection of drinking water , a growing trend . *Journal of Water Environment and Management* Vol 149. No.11: 11-13

Stedman L . , (2004) A Unanimous vote of confidence . Water 21 : 31-32

StedmanL., (2001) Virtual Certainty . *Water 21* : 35 -36

Swift J. , Emerick R.W. , Scheible K . , Soroushian,F. and Putnam,L.B. (2002) Treat , disinfect , reuse. *Journal of Water Environment & Treatment* Vol - 15- No. 11: 21 -25

Clancy J.L , Marshall M.M Hargy T.M. and Korich,D.G.(2004) Susceptibility of five strains of Cryptosporidium parvum oocysts to UV light . *J.AWWA* Vol96.No. 3:84-92

Consultant’s corner (2003) Hazen and Sawyer / CDM to design large UV plant for NYC J.AWWA Vol 95 – No 12: 47

Emerick R.W. , Salveson A. , Tchobanoglous G. , et al (2003) It is good enough for reuse?

Journal of Water Environment and Treatment –2003 : 40-45

DESIGN CRITERIA FOR ULTRAVIOLT DISINFECTION OF WATER AND WASTEWATER

ForooghVaezi*[1], Hassan Pishrafti

UV radiation is selected as the primary disinfectant in numerous water and wastewater treatment plants of EU and North American countries having different ranges of capacities, and it is expected that the method which can quality for designation as the best available technology will become more widespread over chemical disinfection . As UV is claimed to be the only method which has no detrimental effect for the health of operators , consumers and the environment even in the case of overdose it is essential for treatment plants`directors to know how to apply new criteria in correct design of UV systems for meeting the different objectives of treatment.

The recent guideline is based on testing the UV system at various hydraulic loading rates (expressed in liters per minute per UV lamp) . The rate that corresponds to the desired germicidal dose is used to design the system . Other design factors include water quality and characteristics of the utilized lamps and quartz sleeves . According to this new approach, lamp's output is assumed to drop by 50% during its life and sleeve fouling to reduce nominal UV light intensty by 20%.

This article describes the required data that must be collected by performing pilot testing in the site of treatment plant and also addresses how to use these data in the process of system design. The advantage of the approach is that the variability in the most important parameters are reflected in the design and at the same time it becomes possible to determine the number of lamps required under the worst –case conditions and to meet the stringentest treatment requirements.

Keywords: *Ultraviolet radiation, Disinfection system design, Water, Wastewater, Germicidal dose*

1. Department of Environmental Health, School of Public Health and Institute of Public Health Researches, Tehran University of Medical Sciences.